5.06(49.3)B1
cv

FOR THE PEOPLE
FOR EDVCATION
FOR SCIENCE

LIBRARY
OF
THE AMERICAN MUSEUM
OF
NATURAL HISTORY

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

5 06 (492) 61

PUBLIÉE

PAR LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES.

Nulla unquam inter fidem et rationem
vera dissensio esse potest.
Const. de Fid. cath. c. IV.

TOME HUITIÈME

BRUXELLES
A. VROMANT, IMP.-ÉDITEUR
rue de la Chapelle, 3.

PARIS
LIBRAIRIE
DE LA SOCIÉTÉ BIBLIOGRAPHIQUE
35, *rue de Grenelle.*

1880

21-85372 Neg3

LE CYCLE VITAL DE LA MATIÈRE

La preuve la plus saisissante que la science moderne puisse invoquer, pour démontrer qu'elle a pénétré les lois qui régissent les mouvements et les groupements des atomes et qui engendrent l'inépuisable variété des structures et des fonctions, consiste à régénérer les corps qu'elle parvient à décomposer ; à contrefaire par la *synthèse* les procédés de la nature révélés par *l'analyse*.

Cette preuve, les savants sont parvenus à la fournir aujourd'hui, non seulement pour le monde inorganique en reproduisant artificiellement des minéraux tels que les pierres précieuses, les principales roches cristallines qui forment l'écorce du globe, les marbres, la houille etc., mais ce qui est plus extraordinaire, pour le monde organique, en imitant les produits de l'élaboration vitale.

Ces étonnantes conquêtes datent de fort peu d'années, et rien ne permettait d'espérer, il y a un siècle à peine, les merveilleux résultats auxquels ont abouti les recherches des chimistes et des physiciens dans ce mystérieux domaine.

Chacun sait, en effet, que la première notion vraie des éléments de l'univers est née des découvertes de Lavoisier et de son école. Jusqu'alors les rêveries des alchimistes avaient tenté vainement de percer par l'intuition le voile de la nature. Paracelse et Van Helmont attribuaient la direction des forces physiques et des réactions chimiques de l'organisme à un principe vital distinct de l'âme et du corps, siégeant dans le cœur ou dans l'estomac, principe qu'ils décoraient du nom d'*archée*. Cependant Paracelse et Van Helmont furent les premiers *iatro-chimistes* qui cherchèrent à expliquer les transformations du corps par la chimie. Paracelse affirme déjà que le corps de l'*homme est un composé chimique* (*une vapeur condensée*) *qui retourne en vapeurs*, que les maladies ne sont que l'altération de ce composé, et qu'il faut des médicaments chimiques pour les combattre.

Ce fut le XIXe siècle qui vit naître ou mourir les fondateurs de la *biologie* et des sciences qui s'y rattachent, telles que la chimie organique, la thermodynamique, l'électrodynamique, l'optique et l'acoustique physiologiques, l'analyse spectrale, la paléontologie, l'embryologie, l'ovologie, l'anatomie générale et comparée.

Ainsi l'on peut dire qu'en moins d'un siècle l'homme, qui se débattait jusqu'alors en aveugle contre les éléments, est parvenu à substituer dans bien des cas, notamment dans l'agriculture, l'industrie et l'hygiène, la lutte consciente et éclairée, c'est-à-dire victorieuse (1), contre les forces internes ou externes dont il était le jouet.

Nous avons montré, dans un précédent article, comment Lavoisier découvrit les véritables éléments de la matière, et trouva dans l'étude des propriétés de l'oxygène la démonstration expérimentale de la loi de la circulation continue

(1) Voir notre étude sur le rôle des sciences naturelles dans l'enseignement, (*Journal de la Société centrale d'agriculture*, 1878, pp. 172, 208, 222).

des atomes et de l'indestructibilité de la matière. Il constata en même temps l'identité des éléments de l'atmosphère et du sol avec les éléments qui constituent les tissus des plantes et des animaux. Lavoisier imagina de doser directement les gaz absorbés et éliminés par l'organisme, et trouva que la consommation d'oxygène, c'est-à-dire la combustion organique, croît proportionnellement au travail musculaire. Nous avons vu comment les disciples de Lavoisier continuèrent son œuvre en substituant bientôt à l'analyse *élémentaire*, l'analyse *immédiate* qui recherche, dans les organismes ou leurs produits, les combinaisons chimiques spéciales engendrées par la vie.

C'est alors que Berzélius et Liebig apportèrent à ce *grand œuvre* le concours de leur patient génie et, formant école à leur tour, parvinrent à serrer les faits de plus près et à pénétrer les lois de la restitution minérale et organique. Ils découvrirent les principes minéraux qui déterminent la fertilité du sol et régénèrent les tissus des plantes et des animaux. Ils étudièrent aussi les combinaisons qui marquent les étapes graduelles du retour de la matière organisée au règne minéral. Ils ne faisaient d'ailleurs que suivre pas à pas les jalons posés par Lavoisier; car l'inventeur de la véritable théorie de la combustion, avait déjà tracé avec une étonnante clairvoyance, à la lumière de ses découvertes, le programme complet de la statique chimique de la vie (1).

Mais en dépit de toutes ces découvertes, l'on s'imaginait encore, il y a trente ans à peine, que le laboratoire de la vie était inaccessible aux savants, et qu'il était impossible de reproduire artificiellement les produits chimiques élaborés par les organes des plantes et des animaux.

(1) Voir le manuscrit retrouvé par M. Dumas, et communiqué à l'Académie des sciences en 1860. Dumas, *Leçons professées à la Société chimique* en 1861, p. 294.

C'était la conclusion d'une théorie *à priori*, profondément enracinée dans les écoles, qui supposait entre les forces vitales et les forces physiques un antagonisme absolu. La vie était considérée comme une force particulière, relevant de lois tout autres que celles de la matière inorganique, et imprimant aux atomes des états d'équilibre incompatibles avec le jeu des affinités minérales.

Cependant, dès 1828, Wœhler, l'un des premiers chimistes de l'Allemagne, avait réussi à reproduire artificiellement un produit caractéristique de la vie animale, l'*urée*, par la synthèse directe de l'ammoniaque et d'un dérivé de l'acide cyanhydrique.

Mais telle était la force du préjugé que la portée de cette découverte échappa à Liebig lui-même et, en 1844, l'illustre chimiste Gerhardt affirmait encore « que la formation des matières organiques tenait à l'action mystérieuse de la force vitale, action opposée, en lutte continuelle avec celle que nous sommes habitués à regarder comme la cause des phénomènes chimiques ordinaires. »

Il fallait, on le voit, un esprit hardi et sûr de lui-même pour s'inscrire en faux contre de pareilles autorités. Ce fut un jeune Français nommé Berthelot qui eut la gloire de réfuter par *l'expérience*, c'est-à-dire par d'innombrables synthèses de corps organiques, l'erreur capitale de ses maîtres. Il parvint presque à lui seul à démontrer l'identité des forces qui président à la formation des principes immédiats dans les êtres vivants et des combinaisons du règne minéral ; prouvant une fois de plus le danger de recourir à des agents imaginaires pour expliquer des séries de phénomènes naturels incompris.

Déjà, au commencement de ce siècle, un autre Français avait vu la fortune sourire à son audace, en découvrant les lois de l'*endosmose*, qui permettent d'expliquer, par le jeu pur et simple des forces atomiques, les phénomènes si remarquables de l'assimilation, le choix que les organes paraissent opérer dans les matériaux de leur milieu.

M. Berthelot s'est attaché le premier à démontrer que le jeu des forces physico-chimiques suffit à expliquer toutes les métamorphoses de la matière organisée : décomposition, germination, respiration, nutrition, fermentations de tout genre, tout doit trouver selon lui son explication dans de simples réactions qui font succéder un équilibre atomique à un autre équilibre. L'être vivant devient un laboratoire merveilleusement compliqué, où les affinités s'exercent suivant les mêmes lois que dans le monde minéral.

Cependant le jeune savant ne s'occupa que de la composition des principes immédiats ; il ne chercha pas à pénétrer les lois en vertu desquelles ces derniers s'associent et se combinent pour constituer l'être vivant, ni la cause qui imprime aux principes immédiats combinés une structure et des fonctions déterminées. Il abandonna à la physiologie le soin de pénétrer plus avant dans le grand mystère de la structure vivante, qui engendre des fonctions si admirables et si variées ; mais insista sur ce point que rien ne prouve dans l'organisation l'existence de forces vitales distinctes ou antagonistes des forces physico-chimiques, pas plus que la pesanteur qui élève ou abaisse alternativement des poids dans une balance ne démontre l'existence et le conflit de deux forces distinctes. Formulée dans ces termes, cette manière de voir ne peut paraître dangereuse qu'à ceux qui ne séparent pas nettement les phénomènes nécessaires de la matière des phénomènes libres et volontaires de l'âme. Elle s'affirme chaque jour plus clairement par la chimie organique et la thermodynamique.

« Avant M. Berthelot on savait bien, dit M. Dehérain, isoler les principes immédiats, tirer d'une matière complexe des substances plus simples; on oxydait l'amidon et le sucre, et on obtenait l'acide formique et oxalique; mais on ne jugeait pas possible de former ces mêmes produits avec les corps simples qui les constituent. » L'éminent professeur du Collège de France a fait voir qu'on avait tort de douter de la puis-

sance de la chimie ; il a préparé de toutes pièces l'acide formique, que sécrètent les orties et les fourmis, avec l'oxyde de carbone et l'eau, et l'acide oxalique en oxydant un simple gaz formé lui-même artificiellement par l'union directe de l'hydrogène et du carbone sous l'influence de l'électricité.

Après Lavoisier, c'est à Gay-Lussac qu'il faut attribuer la découverte des premières lois qui président aux transformations chimiques de la matière vivante. Il montra par ses analyses les relations qui existent entre l'alcool, l'éther et le gaz des marais composé de carbone et d'hydrogène ; les transformations successives du sucre en alcool, et de l'alcool en acide carbonique, sous l'influence de la fermentation. Vers la même époque, M. Chevreul démontra, par ses mémorables travaux sur les graisses, que les principes gras neutres sont analogues aux sels de la chimie minérale, c'est-à-dire formés par la combinaison d'acides organiques avec un corps jouant le rôle de base, la glycérine.

Mais toutes ces découvertes procédaient des observations et des intuitions merveilleuses de Lavoisier.

C'est lui qui émit le premier l'idée que l'oxygène joue le même rôle dans les acides et les oxydes de la chimie organique que de la chimie minérale, et que l'oxygène uni au carbone et à l'hydrogène forme un *radical composé*, c'est-à-dire une substance analogue à un corps simple. « On peut, disait-il, de l'état d'oxyde faire passer le sucre, l'amidon et les gommes à l'état d'acide, en leur combinant une nouvelle quantité d'oxygène, et on forme ainsi, suivant le degré d'oxygénation et la proportion de l'oxygène et du carbone, les différents acides végétaux (1).» C'est en s'emparant de cette idée féconde que Gerhardt parvint à constituer plus tard *son échelle de combustion*, et formula la théorie de

(1) *Traité élémentaire de chimie*, 1801, t. I, p. 125.

la substitution, base de la chimie atomique moderne. Il constata que les *radicaux composés* organiques jouent si bien le rôle des corps simples dans les combinaisons, qu'ils peuvent se substituer à eux, molécule par molécule, sans changer l'architecture des édifices organiques et sans changer eux-mêmes ; que, dans les composés organiques, on peut extraire une à une les molécules d'un corps simple pour y substituer les molécules d'un autre corps simple ou d'un *radical composé*. Le chimiste, dit Gerhardt, en appliquant les réactifs de combustion aux substances qui constituent les échelons supérieurs de l'organisation, *descend l'échelle*, c'est-à-dire qu'il simplifie peu à peu ces substances en brûlant successivement une partie de leur carbone et de leur hydrogène. L'étude de la composition des principes immédiats confirmait donc à la lettre les vues de Lavoisier affirmant que la vie est une combustion lente.

Dès lors les chimistes, à la tête desquels se place M. Dumas qui rappelle à plus d'un titre par son esprit synthétique et élevé le génie de son maître Lavoisier, découvrirent différentes séries de corps homologues binaires, ternaires ou quaternaires, c'est-à-dire composés de carbone et d'hydrogène comme les gaz qui résultent de la distillation sèche du bois et de la houille ; ou composés de carbone, d'hydrogène et d'oxygène, comme les alcools et les acides organiques, les sucres, l'amidon, les graisses, etc. ; ou enfin composés azotés dont l'édifice moléculaire est le plus compliqué et dérive de l'oxydation graduelle de l'albumine.

Tous les termes de ces séries parallèles, dites homologues, qui procèdent les uns des autres, ne diffèrent à chaque degré que par un atome de carbone et une molécule d'hydrogène en moins : c'est-à-dire qu'à mesure qu'on descend l'échelle, une même proportion de carbone et d'hydrogène s'unit chaque fois à l'oxygène pour former de l'eau et de l'acide carbonique ; jusqu'à ce qu'enfin tout le carbone et l'hydrogène aient fait retour aux composés minéraux dont

ils procèdent. « Les deux extrémités, dit Gerhardt, sont occupées, d'une part au sommet par la matière cérébrale, l'albumine, la fibrine et les autres substances plus complexes, et d'autre part au pied par l'acide carbonique, l'eau et l'ammoniaque ; une infinité d'échelons occupent l'intervalle. »

Les disciples de Liebig, Bopp, Hinterberger, Guckelberger et Keller se livrèrent, à son instigation, aux recherches les plus ingrates sur les produits des métamorphoses graduelles et régressives de la matière organisée. Ils dissipèrent par leurs découvertes, l'idée fausse que les animaux et les plantes se transforment par la décomposition en azote, acide carbonique et eau sans passer par des échelons intermédiaires. Ils montrèrent qu'entre ces termes ultimes de la décomposition et l'*albumine*, c'est-à-dire la *matière organisée*, il existe une série de produits azotés cristallisables qui se rapprochent par un dédoublement et une oxydation graduelle du règne minéral, comme ceux qui dérivent des matières hydrocarbonées du règne végétal. Ces produits sont des combinaisons condensées de l'ammoniaque avec les radicaux composés des alcools et des acides organiques. Ils forment également des séries parallèles aux acides et aux alcools dont ils dérivent ; tels sont, par exemple, la leucine et la tyrosine, qui apparaissent d'abord dans la dégénérescence des organes vivants et la décomposition des organes morts ; la créatine, le sucre de gélatine, l'acide urique et l'urée qui aboutissent tous à la formation du carbonate d'ammoniaque ou de l'azote libre, de l'acide carbonique et de l'eau, formes sous lesquelles la matière animale fait retour à l'atmosphère. Or, il suffit que deux molécules d'eau se fixent sur l'urée (hydratation) pour qu'elle se transforme en carbonate d'ammoniaque, de même qu'une molécule d'oxygène transforme l'acide urique en urée (oxydation).

Liebig avait dressé déjà des tableaux des principes immédiats suivant leur ordre de *réduction* progressive ; car il

avait constaté que si la désorganisation est caractérisée par l'oxydation et l'hydratation, l'organisation se manifeste par le phénomène inverse, c'est-à-dire par la désoxydation progressive et par la condensation avec élimination d'eau. De là aux tentatives de *synthèse* il n'y avait qu'un pas, mais il ne sut pas le franchir.

Cependant les découvertes de Priestley, d'Ingenhousz et de Sennebier avaient établi que la plante fixe le carbone de l'air et remplit une fonction réductrice inverse de la fonction respiratoire oxydante des animaux. Th. de Saussure avait calculé que le volume de l'acide carbonique absorbé par la plante ne correspond pas au volume exhalé par elle, c'est-à-dire, que l'on ne retrouve pas à la sortie l'équivalent de l'oxygène qui pénètre dans le végétal combiné au carbone. Le célèbre physiologiste avait fait plus ; il avait reconnu que la réduction de l'acide carbonique dans les feuilles n'est pas complète, et qu'elle s'arrête à la formation de l'oxyde de carbone. Ce qui explique pourquoi l'oxygène exhalé ne correspond pas à l'oxygène contenu dans l'acide carbonique (1). Il avait observé également que l'acide carbonique n'est réduit que dans les parties vertes des végétaux, qu'une graine qui germe émet de l'acide carbonique comme un animal qui respire, et que le volume de cet acide est égal au volume d'oxygène absorbé.

Ces expériences furent reprises et confirmées par M. Boussingault qui constata également que l'acide carbonique, pur ou délayé dans les gaz inertes, n'est pas décomposé par la chlorophylle. Mais M. Boussingault trouva que la quantité d'oxygène exhalée pendant la respiration diurne des plantes est en réalité très peu inférieure à celle qui est contenue dans l'acide carbonique absorbé ; parfois même, elle est supérieure. Dès lors il faut admettre, qu'une portion de l'oxygène dégagé provient de

(1) *Recherches chimiques sur la végétation*, p. 216.

la réduction de l'eau. Th. de Saussure niait cette décomposition ; il supposait que les molécules d'eau se fixaient intégralement sur les molécules de carbone plus ou moins condensées, pour former *les hydrates de carbone* (amidon, cellulose, sucres, gommes, etc.). Mais alors même que le volume d'oxygène exhalé correspondrait exactement à celui de l'acide carbonique absorbé, cette égalité suffirait à prouver la décomposition de l'eau; car une partie de l'oxygène de l'acide carbonique décomposé, doit évidemment servir à la *respiration*. Des analyses exactes ont établi d'ailleurs que les végétaux cultivés dans le sable exempt de matières organiques renferment une proportion d'hydrogène supérieure à celle qui existe dans l'eau (Wurtz).

Les recherches de M. Boussingault ouvrirent un horizon nouveau à la science, en démontrant la nécessité d'admettre la décomposition de l'eau parallèlement à celle de l'acide carbonique. L'oxyde de carbone, qui résulte de la réduction de ce dernier, est plus apte à former des combinaisons que le carbone pur avec les corps simples et les radicaux composés. L'oxyde de carbone remplit d'ailleurs lui-même le rôle de radical composé; en se condensant, c'est-à-dire en se combinant avec lui-même, il forme le radical de l'acide oxalique, si commun dans les végétaux et qui peut se former de toutes pièces par la réduction incomplète de l'acide carbonique et de l'eau. D'autre part, il existe une série de produits engendrés par la plante qui contiennent un excès d'hydrogène et dont la formation s'explique par la réduction de l'eau. La formation des carbures d'hydrogène, par exemple, comme la térébenthine des conifères et le caoutchouc élaborés *au soleil* par les feuilles, ne s'explique que par l'intervention réductrice de l'hydrogène. Sinon, pour un volume d'acide carbonique absorbé, il devrait se dégager un volume et demi d'oxygène conformément à l'équation

$$\underset{2\text{ vol.}}{\underline{CO_2}} + \underset{2\text{ vol.}}{\underline{H_2O}} = CH_2 + \underset{3\text{ vol.}}{\underline{3O}}$$

Or M. Boussingault a constaté, par de nombreuses analyses, qu'il n'en est point ainsi. La sève hydrocarbonée du caoutchouc, d'après les observations de M. Faivre, favorise singulièrement la formation des feuilles, c'est-à-dire, la production de la cellulose par oxydation.

L'expérience prouve en effet que, dès que l'action réductrice de la lumière cesse, le travail d'oxydation commence, les résines et les acides apparaissent avec les nouvelles cellules. Ainsi M. Marey a démontré que le végétal ne s'accroît en hauteur que pendant la nuit, quand il vit à la façon de l'animal, aux dépens des matières combustibles accumulées pendant le jour.

Avant les expériences de synthèse de M. Berthelot qui révolutionnèrent la chimie, Liebig avait dressé déjà des tableaux des principes immédiats végétaux suivant leur ordre de réduction progressive.

D'après les analyses du laboratoire de Giessen, voici dans quels rapports l'oxygène décroît, du glucose à la graisse et à l'albumine.

	Carbone.	Oxygène.
Glucose,	120	140
Sucre de lait,	»	120
Sucre de canne,	»	110
Amidon,	»	100
Albumine,	»	36
Graisse,	»	10

L'analyse de la graisse, dont Liebig niait à tort l'existence dans les plantes fourragères et affirmait par le fait même la synthèse dans l'organisme animal, lui avait donné en poids

$$\left.\begin{array}{l}79{,}4 \text{ de carbone,}\\ 10{,}8 \text{ d'hydrogène,}\\ 9{,}8 \text{ d'oxygène,}\end{array}\right\} = C_{12}H_{20}O.$$

L'amidon correspondant selon Liebig à la formule $C_{12}H_{20}O_{10}$, il suffirait de lui enlever 9 équivalents d'oxygène, pour obtenir de la graisse, tandis qu'il faudrait restituer cette quantité d'oxygène pour le regénérer.

Il en serait de même pour tous les autres termes plus oxydés, tels que l'albumine et les sucres, qui seraient tous capables d'engendrer la graisse par réduction.

Liebig remarque cependant que l'albumine tend à développer plutôt la chair que la graisse, contrairement aux sucres et à l'amidon. Voilà pourquoi une vache nourrie à l'étable donne plus de beurre et de sucre et moins de fromage qu'une vache mise au vert. C'est pour la même raison que la bière et les féculents augmentent la proportion de beurre dans le lait des nourrices, tandis qu'une nourriture animale diminue le beurre et fait croître la proportion de caséine.

Liebig admettait que les acides formique et oxalique pouvaient se former aussi par réduction, lorsqu'une ou deux molécules d'acide carbonique réagissent sur une molécule d'eau, ce qui donne les équations :

$$CO_2 + H_2O - O = CO,H_2O, \quad \text{acide formique,}$$
$$2CO_2 + H_2O - O = CO,CO_2, H_2O, \text{ acide oxalique.}$$

Partant de là, il admettait que, la réduction continuant, ces acides peuvent à leur tour donner naissance à des *aldéhydes;* par exemple, l'aldéhyde formique correspond à l'acide formique moins un atome d'oxygène, etc.

Par conséquent ce seraient les composés les plus riches en oxygène, qui forment les échelons inférieurs de l'échelle descendante de la vie, c'est-à-dire de la désorganisation,

qui formeraient aussi le premier degré de l'organisation. Nous verrons plus loin que les découvertes subséquentes de la synthèse et de la physiologie végétale justifient pleinement cette manière de voir.

Lorsque M. Berthelot démontra que l'on peut reproduire artificiellement un grand nombre de corps organiques, de *carbures d'hydrogène*, avec de l'eau et du gaz acide carbonique, les chimistes allemands avaient déjà réalisé plusieurs synthèses d'alcalis organiques ; mais ces corps empruntant leurs propriétés principales aux principes minéraux générateurs, l'on persistait à croire qu'une force vitale distincte des forces atomiques présidait à la formation du plus grand nombre des principes immédiats des deux règnes.

« Les allures spéciales des alcools et des éthers, dit M. Berthelot, ne permettent pas de les assimiler à aucune catégorie de corps minéraux ; ils constituent un groupe distinct et représentent, au même titre que les acides, les bases et les sels, une fonction déterminée. Cette fonction est spéciale à la chimie organique. A ce point de vue, la synthèse des alcools au moyen des éléments est tout à fait indispensable, et elle est en même temps décisive. »

Or, c'est en partant des composés binaires qu'il avait fabriqués, que M. Berthelot réussit à effectuer la synthèse des alcools et des nombreuses combinaisons qui en dérivent. Puis en partant des analyses des corps gras, si bien étudiés par M. Chevreul, il eut le bonheur d'obtenir la synthèse de ces corps par l'union directe de la glycérine aux acides gras. Cette étude forme, suivant ses expressions, une nouvelle chimie plus vaste encore que celle des matières volatiles, plus délicate et plus importante peut-être en raison de ses applications physiologiques. Enfin M. Berthelot fit voir que les corps gras et les sucres sont le point de départ d'un nombre presque infini de substances que la synthèse peut ou pourra produire en vertu de lois déterminées.

« La synthèse étend ainsi ses conquêtes, dit-il, depuis les éléments jusqu'aux substances les plus compliquées de l'organisation sans que l'on puisse assigner de limite à ses progrès. Depuis les carbures, les alcools et leurs dérivés jusqu'aux matières sucrées et aux principes azotés d'origine animale, l'on n'aperçoit plus de barrière absolue et tranchée que l'on puisse redouter, avec quelque apparence de certitude, de trouver infranchissable.»

Pour un physiologiste de l'école de Montpellier, cette proposition ressemble à une profession de foi matérialiste. La personnification la plus illustre de cette école vitaliste, M. Chauffard, affirmait tout récemment encore, dans un ouvrage intitulé *La Vie*, que « si l'on admet que l'intussusception n'est pas vraiment vivante et ne diffère pas essentiellement de l'accroissement par juxtaposition, la nutrition de l'être se réduit en un double mouvement continu, que rien n'indique comme essentiellement vivant (1). » Or il affirme dans différents chapitres la nécessité d'admettre « la cause vivante qui, toute réelle qu'elle soit, n'est pas distincte de l'organisme vivant, celui-ci n'en étant que la traduction visible, l'effet réalisé en ce monde.... L'effet, ainsi conçu, ajoute-t-il, ne peut pas plus se séparer de la cause, que la cause de son effet ; l'organisme mort, le cadavre, n'est pas plus un organisme, que la cause vivante n'existe pour le médecin et le savant, en dehors du corps qu'elle crée et qu'elle anime (2). »

M. Chauffard, partageant le préjugé d'un grand nombre de philosophes spiritualistes, ne parvient pas à séparer le mécanicien de son œuvre, à isoler la fonction de l'intelligence qui l'a conçue et réalisée. Il n'est cependant pas fort difficile de comprendre qu'une machine peut accomplir des fonctions parfaitement coordonnées en vue d'une fin, sans qu'il soit nécessaire pour cela de supposer, comme les Hurons de-

(1) Pag. 117.
(2) Pag. 128.

vant la grande horloge de Québec, qu'un horloger se tient toujours caché derrière le cadran. A quoi bon imaginer cette intervention, si la science, à mesure qu'elle serre les faits de plus près, ramène tous les phénomènes de la vie végétative aux lois nécessaires des atomes, et montre que les organismes fonctionnent, comme les machines, en raison de leur ingénieuse construction? Cela n'autorise pas à douter de l'existence du constructeur, pas plus que de celle du conducteur ; c'est-à-dire, de l'existence de Dieu, et de l'âme qui détermine les mouvements volontaires sans intervenir autrement dans la production ou la direction des phénomènes automatiques de la machine corporelle.

Cette manière de voir, conforme aux découvertes et aux théories les plus modernes, qui permet de concilier toutes les exigences de la science avec la notion de l'âme et de Dieu, déplaît souverainement aux matérialistes et pour cause. Aussi se gardent-ils de la relever, et préfèrent-ils s'en prendre à des adversaires comme M. Chauffard, qui leur font la partie belle par leurs contradictions. Si l'explication physico-chimique de l'intussusception au dire de M. Chauffard lui-même, s'étend naturellement au phénomène de la nutrition, la génération, qui ne serait d'après les dernières recherches des savants, qu'une nutrition continuée, tomberait sous l'application des mêmes lois (1). La vie des plantes, et celle des animaux en dehors des actions volontaires, se déroulerait donc à nos yeux comme un cycle continu, formé d'innombrables anneaux d'organes et d'organismes, à travers lesquels les atomes circulent incessamment, formant des édifices de plus en plus compliqués à mesure qu'ils s'élèvent d'étage en étage, d'échelon en échelon, puis redescendant l'échelle en sens inverse par des échelons semblables pour retourner au sol et à l'atmosphère sous leur forme primitive. Toujours, d'ailleurs, la complication de la structure correspond à la complexité de

(1) Claude Bernard, *Leçons sur la génération.*

la fonction, absolument comme dans nos machines. Il est bien remarquable en effet que les principes qui jouent dans l'organisation le rôle le plus actif, et qui constituent par excellence la matière vivante, les tissus des animaux et la substance des germes dans les deux règnes, révèlent à l'analyse une composition moléculaire des plus compliquées, bien qu'ils soient formés des mêmes matériaux que les substances dont la fonction est moins importante.

C'est ainsi que les acides qui paraissent se former d'abord dans les végétaux ont une formule très simple, que l'édifice des glucoses est déjà plus compliqué, et qu'il se complique davantage à mesure qu'il s'élève par condensation progressive à la formation du sucre cristallisable, de l'amidon et de la cellulose, qui sont avec les huiles les réserves de la plante, comme nous le verrons bientôt. Enfin la formule de l'albumine atteint un chiffre très élevé, puisqu'elle comprend 240 atomes de carbone, 392 d'hydrogène, 75 d'oxygène, 65 d'azote et 3 de soufre.

Les découvertes de la thermodynamique sont venues apporter à cet argument une force irrésistible, puisqu'elles ont démontré que la chaleur et le mouvement des organes sont engendrés par des actions chimiques, et qu'il est même facile de calculer, à peu de chose près, l'énergie physique qu'un homme ou un animal est capable de dégager, étant donnés la composition et le poids de ses aliments, c'est-à-dire la nature, le nombre et les combinaisons des atomes qui circulent dans son organisme. Cela est si vrai qu'il s'est fondé aujourd'hui, dans toutes les grandes stations agricoles, des laboratoires où l'on s'occupe exclusivement de calculer les tables d'équivalence des aliments d'après leur teneur variée en principes immédiats, et surtout en albumine, source par excellence de la force des animaux. Nous avons déjà insisté ailleurs sur la portée de ces découvertes (1).

(1) *Revue catholique*, 1879.

Pour comprendre le mécanisme de l'organisation de la matière par la plante, il importe d'étudier d'abord les propriétés de cette matière verte, appelée chlorophylle, qui fixe le carbone de l'air et régularise l'évaporation. Des expériences très simples, instituées par M. Dehérain à Grignon, ont permis de s'assurer que les rayons lumineux du spectre qui sont les plus efficaces pour décomposer l'acide carbonique (jaunes et orangés), sont précisément ceux qui activent le plus l'évaporation. Et comme il résulte d'autres expériences que la plante élimine dans ce cas plus d'eau qu'elle n'en absorbe, il faut en conclure que la chlorophylle décompose l'eau en même temps que l'acide. En interceptant la chaleur par une substance adiathermane comme l'alun, on constate que ces deux phénomènes sont déterminés par la lumière. La matière colorante verte des feuilles a pour fonction d'absorber les rayons jaunes et de réfléchir la lumière verte. La force vive des premiers se transforme en chaleur latente de vaporisation, c'est-à-dire en travail *physique* consacré à l'écartement des molécules, et en travail *chimique*, qui agit sur les atomes eux-mêmes pour disloquer les molécules d'eau et d'acide carbonique. Elle rompt un équilibre stable, et engendre un équilibre instable, point de départ de la synthèse des produits immédiats et des substances organisées. Ces dernières, qui constituent proprement la matière vivante diffèrent de la plupart des principes immédiats par la complexité de leurs molécules, dont le volume considérable détermine apparemment leur inertie et leur instabilité chimique. La difficulté contre laquelle luttent journellement les ménagères pour conserver les matières albuminoïdes (viandes, poissons, œufs, lait, etc.), résulte précisément de l'instabilité de ces molécules si compliquées.

Les principes immédiats qui constituent les étapes progressives et régressives de l'organisation possèdent en général une plus grande stabilité chimique et une plus grande mobilité moléculaire. Dans ces substances, ordinai-

rement cristallisables, un poids atomique moins élevé correspond à une énergie chimique et à un pouvoir diffusif plus grand. En effet le professeur Graham, complétant les recherches de Dutrochet sur l'endosmose, a montré que la matière existe sous deux formes d'agrégation, la *colloïde* ou gélatineuse et la *cristalloïde*. Or, la matière qui constitue le principe actif vivant de toute cellule végétale ou animale, le *protoplasme*, est le type des colloïdes, qui attire et choisit par endosmose les principes solubles et cristallisables tirés du règne minéral.

La transformation d'énergie qui donne naissance au mouvement visible, au travail musculaire par exemple, correspond à la transformation de la matière colloïde en matière cristalloïde, qui est éliminée ensuite par les émonctoires naturels des plantes et des animaux. On peut donc dire avec raison que la substance colloïde représente l'état dynamique de la matière, dont les cristalloïdes représentent l'état statique, *à divers degrés;* car à mesure que s'intègrent ou que se désintègrent les molécules, dans l'organisation ou la désorganisation, ces propriétés croissent et décroissent en proportion, de telle sorte que l'état statique complet n'existe qu'au pied de la double échelle, c'est-à-dire dans le règne minéral.

Dans les diverses séries homologues de principes immédiats à radicaux d'alcools ou d'acides organiques, on voit la mobilité moléculaire croître à mesure que l'on descend *l'échelle de combustion*, c'est-à-dire à mesure que le volume atomique décroît et que le poids des molécules composées diminue. Au contraire, à mesure qu'à une proportion fixe d'oxygène viennent s'ajouter des multiples plus élevés de carbone et d'hydrogène, on voit s'élever graduellement les degrés de fusion et d'ébullition. La mobilité moléculaire est réduite au minimum dans les matières albuminoïdes.

Tous les tissus des plantes et des animaux sont formés de cellules, composées de colloïdes, solubles et insolubles, mélangés et traversés incessamment par des cristalloïdes,

dont les uns, comme l'oxygène, sont des agents de décomposition, les autres, comme les sucres et les graisses, *des agents pour la décomposition*, et d'autres enfin des produits de décomposition, tels que l'urée, l'acide oxalique, etc. Ainsi les composés caractérisés par leur mobilité moléculaire et leur pouvoir diffusif, d'une stabilité et d'une énergie chimique plus grande que les colloïdes complexes des cellules, traversent incessamment ces derniers et les transforment en cristalloïdes à leur tour.

Cette explication mécanique du tourbillon vital, fournie par les physiologistes anglais, synthétise admirablement les découvertes de la physique, de la chimie moléculaire et de la thermodynamique.

En résumé ce qui distingue essentiellement la matière vivante de la matière minérale, c'est l'*instabilité*. Comme l'a dit fort bien G. Ville, la terre procède d'affinités satisfaites, l'être vivant d'affinités non satisfaites. « Nous sommes, ajoute l'illustre agronome, à l'aube du jour qui nous permettra de commander à la vie végétative, en ordonnant les influences qui affectent les conditions d'existence de l'individu et des sociétés. » Sans adhérer à cette formule absolue, il est certain que les révélations de la science tendent à développer singulièrement l'empire de l'homme sur cette force mystérieuse, considérée jusqu'ici comme inaccessible à l'observation.

L'analyse de la chlorophylle y a révélé précisément la présence de cette matière protoplasmique colloïde qui caractérise la vie à tous les degrés depuis son réveil.

Le protoplasme de la chlorophylle est contractile, et doué de mouvements spontanés analogues à ceux de ces amibes qui peuplent le fond des mers, et chez lesquels Hæckel et Huxley croyaient voir l'aurore de la vie. Nous avons dit que les dernières recherches semblent établir que la matière verte qui l'imprègne n'est qu'une substance cristalloïde non combinée, dont le rôle se bornerait à isoler les

rayons par l'intermédiaire desquels le protoplasme accomplit sa fonction réductrice.

Cependant la matière verte paraît fixer l'hydrogène comme la matière colorante du sang, matière soluble et cristallisable comme elle, et unie également à des masses protoplasmiques (globules) (1) douées de fonctions chimiques opposées, celle-ci fixant l'oxygène pour la combustion, celle-là fixant l'hydrogène pour la réduction.

Ce qui confirme cette manière de voir, c'est que les feuilles dont le protoplasme n'est pas coloré en vert, ne décomposent pas l'acide carbonique, contrairement à l'opinion de Saussure soutenue depuis par M. Correnwinder et réfutée par M. Cloës (2). La chlorophylle verte se décolore quand la lumière cesse de l'impressionner, et devient réductrice comme l'hydrogène naissant, jusqu'à ce que la lumière la colore de nouveau. On en conclut avec raison que cette substance fixe l'hydrogène résultant de la décomposition de l'eau. Un fait certain c'est que, par l'hydrogène naissant, la chlorophylle verte décompose l'eau et devient blanche et réductrice; et que l'intensité de l'évaporation, c'est-à-dire de l'élimination d'eau, croît parallèlement à l'intensité de la réduction de l'acide carbonique, c'est-à-dire du dégagement d'oxygène.

M. Armand Gauthier formule comme suit ce curieux phénomène :

$$\text{Chl. v.} + H_2O = \text{Chl. bl. } H_2 + O,$$
$$\text{Chl. bl. } H_2 + CO_2 = \text{Chl. v.} + CO + H_2O\,;$$

c'est-à-dire que la chlorophylle verte décompose l'eau et devient blanche en fixant l'hydrogène ; que cet hydrogène décompose l'acide carbonique en s'unissant à l'un des

(1) On avait signalé aussi la présence du fer, à titre d'analogie; mais les dernières analyses semblent établir que le fer appartient au protoplasme de la chlorophylle, et non à la matière colorante comme dans l'hémoglobine.

(2) *Comptes rendus*, t. LXXII, p. 334.

atomes d'oxygène pour former de l'eau. L'oxygène éliminé dans ce cas par la plante résulterait donc de la réduction de l'eau et non de l'acide carbonique.

Voilà donc un appareil de réduction tout à fait comparable à ceux qui servent dans nos laboratoires pour effectuer les synthèses et les analyses organiques. Nous avons donc probablement pénétré par la synthèse, le secret au moyen duquel la plante crée dans la feuille, son laboratoire, les premiers échelons de l'organisation.

Ce point de départ admis, il devient facile de se rendre compte des phénomènes de réduction exposés précédemment, qui partent de la synthèse des acides et des aldéhydes pour aboutir, par une série de réductions et de condensations, aux *hydrates de carbone*, tels que les sucres et l'amidon, aux *glucosides*, aux *alcaloïdes* et à l'*albumine;* car en vertu du travail de navette de la chorophylle, l'hydrogène constamment régénéré réagit sur les combinaisons élémentaires oxygénées, formées par le radical de l'acide carbonique ; en enlevant graduellement l'oxygène des premiers composés organiques engendrés, il s'unit au carbone pour former des radicaux types de *carbures d'hydrogène* (C_nH_{2n}) qui en se moléculisant, c'est-à-dire en se condensant toujours à mesure qu'ils se multiplient, contribuent à former des corps qui sont caractérisés par leur grand volume moléculaire, leur indifférence chimique, leur faible pouvoir diffusif, leur grande instabilité, et dont l'albumine représente le type le plus parfait, c'est-à-dire le suprême échelon.

La synthèse est arrivée à reproduire artificiellement, de diverses façons, ces condensations de molécules hydrocarbonées, en faisant réagir des dérivés chlorés, bromés, iodés, ou cyanurés, obtenus par les substitutions dans la molécule organique de ces éléments simples ou composés à l'hydrogène. suivant la méthode inventée par Gerhardt. Mais arrivée à un certain point d'*intégration* moléculaire, elle se trouve arrêtée par la complexité des édifices chi-

miques ; c'est ainsi qu'après avoir imité les graisses, les essences, les résines, elle se trouve déjà arrêtée par les sucres et les alcaloïdes, dont elle a cependant réussi déjà à produire des isomères. Quant aux matières albuminoïdes, le plan de leur architecture lui échappe complètement.

Néanmoins on ne peut nier que cette analogie de propriétés physiques et chimiques des principes immédiats, qui résulte si manifestement de l'analogie de structure, présente quelque chose de frappant et milite en faveur du principe physiologique de la subordination du progrès fonctionnel au progrès organique, de la fonction à la structure ; de même dans une machine la complexité et la perfection des fonctions résultent de la qualité, du nombre et des groupements de ses matériaux.

M. Wurtz fait remarquer que l'hypothèse primitivement émise de la combinaison directe du carbone avec les éléments de l'eau, pour former les hydrates de carbone qui, comme le *glucose* et l'*amidon*, apparaissent d'abord dans les grains de la chlorophylle, est peu probable en présence de la double propriété réductrice de cette substance récemment mise en lumière. Il suppose avec Liebig que le glucose résulte plutôt de la condensation des premiers produits de réduction, tels que les *aldéhydes*. C'est ainsi que l'aldéhyde formique, qui n'a pas encore été isolé, correspondant à la formule CH_2O, donnerait en se moléculisant six fois la formule du glucose $C_6H_{12}O_6$.

Deux molécules de glucose, en se combinant ensuite avec élimination d'une molécule d'eau, donneraient naissance au sucre cristallisable et à ses isomères correspondant à la formule $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O$.

Enfin la soudure de trois molécules engendrerait l'amidon, la cellulose et leurs isomères qui constituent la trame principale des végétaux.

$$3C_6H_{12}O_6 - 3H_2O = C_{18}H_{30}O_{15}.$$ (1)

C'est ainsi que les aldéhydes oxalique et vinique se transforment aisément en matières résineuses en perdant de l'eau, et l'on obtient même des isomères des alcaloïdes par déshydratation sous l'action de l'ammoniaque de certains aldéhydes, comme l'essence d'amandes amères et l'aldéhyde butyrique. M. Gauthier, considérant la permanence de la réduction, affirme avec raison qu'il doit se produire dans le végétal les synthèses les plus variées, suivant les quantités d'eau et d'acide carbonique qui se rencontrent dans la chlorophylle.

Ainsi 3 molécules d'acide carbonique, en présence de 4 molécules d'eau, peuvent donner les principaux types d'alcools et d'acides, sous l'influence réductrice de l'hydrogène naissant.

$3CO_2 + 4H_2O - 9O = C_3H_8O$, glycool propylique,
. . . . . $- 8O = C_3H_8O_2$, alcool propylique,
. . . . . $- 7O = C_3H_8O_3$, glycérine,
. . . . . $- 6O = C_3H_8O_4$, érythrite homologue,
. . . . . .
. . . . . $- 4O = C_3H_8O_6$, mannite homologue,

Ainsi encore

$3CO_2 + 3H_2O - 8O = C_3H_6O$, alcool allylique,
. . . . . $- 7O = C_3H_6O_2$, alcool propionique,
. . . . . $- 6O = C_3H_6O_3$, acide lactique,

dont deux molécules en se condensant peuvent engendrer

(1) Si la synthèse n'a pas encore réussi à reproduire ces métamorphoses que les dédoublements et l'analyse nous révèlent, la physiologie végétale montre que les principes immédiats se succèdent dans l'ordre que faisait prévoir la théorie. (Dehérain, *Chimie agricole*, p. 208).

le glucose, qui régénère facilement l'acide lactique par dédoublement dans les plantes et les animaux.

Comme on trouve toujours au printemps le glucose associé au tannin, qui forme avec lui la majeure partie des produits solubles des organes verts, il est très probable que le tannin se forme par déshydratation progressive, en passant par l'acide pyrogallique, que l'on obtient du reste artificiellement dans nos laboratoires en chauffant le sucre dans un tube scellé.

$$C_6H_{12}O_6 - 3H_2O = C_6H_6O_3, \text{ acide pyrogallique,}$$
$$C_6H_{12}O_6 - 3H_2O + CO_2 = C_7H_6O_5 \text{ acide gallique,}$$
$$2C_7H_6O - H_2O = C_{14}H_{10}O_9, \text{ tannin.}$$

Chacun sait en effet que le tannin, en s'assimilant 4 molécules d'eau, se décompose en glucose et en acide gallique; le phénomène inverse se passe vraisemblablement au début de l'évolution végétale, c'est-à-dire la synthèse du tannin par déshydratation de l'acide gallique et du glucose.

En fixant sept molécules d'eau, le tannin dégage de l'acide carbonique et donne également du sucre. C'est ce qui arrive dans la maturation des fruits et sous l'action des ferments. Une pomme qui mûrit s'enrichit en sucre à mesure qu'elle perd son tannin ; si le tannin s'oxyde il peut donner, ainsi que ses acides dérivés, les couleurs des fleurs dont on voit les tons s'accentuer à mesure que le tannin se brûle. Les expériences de Luca sur la formation de l'huile dans les olives, montrent que la mannite, qui accompagne toujours la chlorophylle dans les jeunes fruits, disparaît avec elle à mesure que l'huile augmente. Dans les Crucifères (Colza), l'apparition de la matière grasse coïncide aussi avec la disparition de la matière verte ; et les analyses de M. Peters et de M. Fleury prouvent que cette huile se transforme en cellulose dans la germination (1).

(1) *Annales de physique et de chimie*, 3e série t. LXI, p. 283; 4e série, t. IV, p. 5. *Comptes rendus*, t. XLIX, p. 276 ; t. LV, p. 566 ; t LVIII, pp. 276 et 656.

Avec le tannin disparaissent aussi les acides tartrique, citrique et malique dans les fruits qui mûrissent ; comme on remarque que le sucre augmente à mesure que l'acidité diminue, sans que la quantité de base qui saturait les acides s'élève, on peut en conclure que ces acides se transforment en matières neutres, probablement sucrées, comme la sorbine.

M. Boussingault a fait voir que la sorbine dérive des acides citrique et malique des fruits verts du sorbier.

Le tannin est le type d'un groupe de corps appelés *glucosides* qui résultent de la combinaison du glucose avec des acides ou des aldéhydes. Tels sont l'amygdaline et la salicine qui régénèrent par hydratation les principes dont ils dérivent.

Il faut également attribuer à des phénomènes de condensation, accompagnés de déshydratation, la genèse des éthers composés, c'est-à-dire des combinaisons d'alcools et d'acides organiques qui donnent la saveur et le parfum à beaucoup de fruits, et que la chimie a réussi à reproduire complètement par la synthèse ; de même que les graisses, qui sont des éthers d'acides gras à base de glycérine, comme M. Chevreul l'a si bien montré en opérant leur dédoublement, et dont M. Berthelot a également réussi à obtenir la synthèse. La nature, sans doute, ne procède pas autrement que le chimiste dans son laboratoire. Elle fabrique d'abord par réduction les acides gras et la glycérine. Réduction, condensation et hydratation, tels sont les procédés connus par lesquels elle gravit les degrés de l'échelle de l'organisation, pour les redescendre ensuite par les méthodes inverses de dédoublement et d'oxydation progressive. Le chimiste, pour aboutir aux mêmes résultats, suit une marche inverse. Il commence par fabriquer de toutes pièces les produits ultimes de la réduction végétale, appelés carbures d'hydrogène, pour arriver aux alcools, aux aldéhydes, aux acides par oxydation progressive.

Nous verrons plus loin comment ces dédoublements ca-

ractérisent surtout l'évolution régressive de la vie ; mais l'apparition du sucre dans les fleurs, dans les bourgeons et dans les graines qui germent, s'explique également par le dédoublement de l'amidon, de la fécule, des gommes et de diverses formes de cellulose. La pomme de terre qui germe dans un sillon devient sucrée, mais le glucose formé disparaît quand la tige et, plus tard, la fécule se développent ; sauf à reparaître sous l'influence de certaines causes d'hydratation, par exemple de la gelée. C'est ainsi que les tiges des céréales et des légumes contiennent au printemps des quantités souvent considérables de glucose, destinées à l'élaboration des substances alimentaires que nous utilisons sous forme de farine, etc. Au fond tout se résout en condensations et séparations alternatives; c'est toujours la même série de phénomènes qui suivent une marche ascendante ou descendante suivant que la plante emmagasine de l'énergie ou en dépense. L'amidon, la fécule, le sucre insoluble et la cellulose soluble, sont des réserves de charbon, des provisions de combustible, que la plante et l'animal utilisent sous forme de glucose pour produire de la chaleur et du mouvement. D'après les recherches des Allemands, les graisses et les huiles même se décomposeraient en glucose dans l'économie animale. « 100 parties de graisse pure, dit Wolf (1) peuvent donner naissance, au contact de l'oxygène et de l'eau, à 189 parties de sucre de raisin anhydre, forme sous laquelle le sucre joue le rôle le plus important dans la nutrition animale. » On le voit, le glucose est la substance primitive et finale, le pivot de la série des hydrates de carbone dont nous avons passé les différents termes en revue.

Il est possible cependant que, selon l'opinion de Pringsheim (2), la formation du glucose et de l'amidon soit précédée par la synthèse d'un corps moins oxygéné, qu'il pré-

(1) *L'alimentation des animaux domestiques.*
(2) *Berichte der Deutschen Chem.*, sept. 1879. Berlin.

tend avoir trouvé dans tous les organes à chlorophylle, et qu'il nomme *hypochlorine*.

Une foule d'essences, telles que l'essence de citron, de bergamotte, de lavande, de thym, de valériane, de genévrier, etc., nous présentent les derniers degrés de la réduction végétale, c'est-à-dire sont absolument privées d'oxygène et correspondent à la formule de l'essence de térébenthine $C_{10}H_{16}$, qui engendre le camphre par oxydation, $C_{10}H_{16}O$, et la colophane $C_{20}H_{30}O_2 + H_2O$. En général les huiles essentielles aromatiques se transforment par oxydation en résines ou en camphres; et ici encore l'art du chimiste sait contrefaire le procédé de la nature. La benzine, d'où dérive par oxydation l'acide benzoïque comme l'acide acétique dérive du gaz des marais, et qui a pour formule C_6H_6, engendre par réduction, en fixant l'azote de l'ammoniaque, ces magnifiques couleurs végétales d'aniline dont l'industrie sait tirer de nos jours un si grand parti.

A la lumière de ces synthèses, il est possible d'entrevoir le problème de la formation des principes azotés quaternaires, tels que les alcaloïdes, ces poisons terribles de la vie animale que le règne végétal élabore ; les ferments solubles, comme la diastase et la pepsine qui sont les principaux agents de la digestion dans les deux règnes ; et enfin l'albumine elle-même qui révèle sous certaine forme (protoplasme) le secret de la vie. Nous avons déjà vu que, par l'action de l'ammoniaque sur des aldéhydes, on peut engendrer des isomères d'alcaloïdes, comme la ciguë.

En général, l'ammoniaque a la propriété de souder son radical (AzH_4) aux radicaux d'acides ou d'alcools (A) ou (R) pour former, par condensation, des séries organiques azotées que l'on appelle *amides* ou *acides amidés*, et qui s'obtiennent par voie de déshydratation ou par substitution. C'est ainsi que M. Dumas découvrit en 1830 l'*oxamide* par distillation sèche de l'oxalate d'ammoniaque, suivant l'équation :

$$\begin{matrix} CO——H_2OAzH_2 \\ CO——H_2OAzH_2 \end{matrix} - 2H_2O = \begin{matrix} CO——AzH_2 \\ CO——AzH_2 \end{matrix} \text{ oxamide.}$$

Or, ce corps cristallisable est exactement à l'acide oxalique, résultant de la désintégration végétale, ce que l'urée, résultant de la désintégration animale, est à l'acide carbonique. En effet

$$CO < \begin{matrix} OAzH_4 \\ OAzA_4 \end{matrix} - 2H_2O = CO < \begin{matrix} AzH_2 \\ AzH_2 \end{matrix} \text{ urée;}$$

et comme l'acide carbonique lui-même dérive de l'acide oxalique par oxydation

$$\begin{matrix} CO——HO \\ CO——HO \end{matrix} + 3O = 2\,CO_2 + H_2O,$$

l'urée peut dériver, par oxydation, de l'oxamide :

$$\begin{matrix} CO——AzH_2 \\ CO——AzH_2 \end{matrix} + 2O = CO_2 + CO < \begin{matrix} AzH_2 \\ AzH_2 \end{matrix}$$

Elle n'est donc autre chose que le produit de la condensation de deux molécules d'ammoniaque avec une molécule d'acide carbonique; d'où résulte la formation de deux molécules d'eau, et la soudure de l'oxyde de carbone avec l'azote et l'hydrogène qui restent de l'ammoniaque décomposé. L'hydratation et la chaleur suffisent pour régénérer ces principes constituants, en décomposant l'urée en acide carbonique et ammoniaque.

L'urée peut aussi dériver par oxydation de l'acide urique, dont la présence anormale dans l'économie animale engendre la gravelle et la goutte, et paraît l'indice d'une oxydation incomplète, d'un défaut de combustion.

L'acide urique ($C_5H_4Az_4O_3$) sous l'influence de l'ozone se

transforme directement en urée, acide carbonique et ammoniaque, sans passer par l'*alloxane* et l'*allantoïne* qui sont des degrés intermédiaires d'oxydation.

Or, comme le fait très judicieusement remarquer un célèbre chimiste contemporain, M. Schützenberger, continuateur de l'œuvre de Liebig, «l'étude des réactions et des transformations des principes organiques extraits des tissus vivants, est le seul moyen dont nous disposons pour établir leur constitution interne et pour reconnaître les méthodes de synthèse susceptibles de réussir. »

Ce n'est qu'en s'élevant d'étage en étage que l'on peut espérer connaître l'architecture de tout l'édifice. Dans les plantes, la charpente et les matériaux (cellules) sont presque entièrement formés de corps ternaires, c'est-à-dire de carbone uni en diverses proportions aux éléments de l'eau, bien que les agents chargés d'élaborer les cellules de l'édifice, depuis la base jusqu'au sommet, soient les mêmes que ceux du règne animal. En effet, le *protoplasme*, l'albumine *vivante* du règne végétal, présente non seulement la même composition élémentaire, mais les mêmes propriétés fondamentales que chez les animaux, par exemple, la motilité, qui lui permet d'émigrer sans cesse des cellules et des étages élaborés par lui.

Néanmoins l'on peut dire que la chimie biologique animale est la chimie des matières azotées, parce que ces facteurs essentiels des mouvements vitaux constituent presque à eux seuls la substance liquide et solide de ces organismes, dont l'importance fonctionnelle est en raison directe de la complexité de leur structure.

M. Schützenberger ne s'est pas contenté, comme plusieurs disciples de Liebig, de l'oxydation graduelle, dont les produits relativement simples peuvent conduire à une interprétation erronée. Pénétré, comme M. Berthelot, de l'idée que les transformations de la matière et du mouvement relèvent des mêmes lois dans le monde organisé et vivant que dans le monde inorganique, il a voulu préciser davan-

tage les conditions des phénomènes de la décomposition des matières albuminoïdes et soumettre à l'analyse qualitative les divers produits qui résultent de leur dédoublement artificiel.

Dans ce but, il a commencé par extraire des cellules vivantes les corps azotés dominants, comme l'albumine coagulable et colloïde et la leucine cristalloïde : tous deux solubles et de composition élémentaire presque identique, contenant du carbone, de l'hydrogène, de l'oxygène, de l'azote et du soufre ; mais la leucine est un édifice bien simple en comparaison de l'albumine. Tandis que sa formule la plus élevée correspond à C_{12} H_{26} Az_2 O_4 S, la formule de l'albumine s'élève à C_{240} H_{392} Az_{65} O_{75} S_3. Les autres colloïdes azotés, comme la fibrine, la caséine, l'osséine, etc., qui forment la trame des tissus, et dont plusieurs ont la même composition que l'albumine (substances protéiques, albuminoïdes), se décomposent comme elle par la chaleur sans se volatiliser, en donnant des produits volatils azotés, à odeur caractéristique, et elles se comportent de même vis-à-vis de l'acide nitrique, de l'iode et du nitrate mercureux.

M. Schützenberger admet que l'on peut conclure à l'isomérie des albuminoïdes protéiques, et s'attache à découvrir approximativement une réaction générale également applicable à tous. Dans ce but, il cherche à imiter pour ces substances les procédés appliqués avec tant de bonheur et de précision par MM. Chevreul et Berthelot à l'analyse et à la synthèse, c'est-à-dire à l'hydratation et à la déshydratation des éthers composés qui forment les *graisses*. La baryte hydratée lui paraît le meilleur réactif. Il l'emploie en solution concentrée et en vase clos, à des températures variant entre 150 et 200 degrés, à raison de 500 gr. pour 100 gr. d'albumine sèche et 300 gr. d'eau.

Dans ces conditions, il obtient un dédoublement achevé, et une réaction nette qui permet d'établir la comparaison entre le poids de la substance protéique mise en œuvre et la somme des poids des produits de la réaction.

Chauffé à 150° pendant 2 jours, le contenu de l'appareil se compose d'une dose d'ammoniaque correspondant au quart de l'azote total de l'albumine, et d'une huile essentielle rappelant l'odeur des matières fécales et qui ne s'élève pas à un pour cent.

La mise en liberté de l'ammoniaque coïncide avec la production des acides carbonique et oxalique, qui se précipitent sous forme de sels de baryte insolubles, dans le rapport de deux molécules d'ammoniaque à une molécule d'acide carbonique. Or ces rapports sont précisément ceux du dédoublement de l'urée,

$$CO \begin{matrix} Az\,H_2 \\ Az\,H_2 \end{matrix} + H_2O = CO_2 + 2Az\,H_3$$

La dose de l'ammoniaque mise en liberté ne dépasse pas 2 pour cent de l'albumine. Les produits volatils expulsés, il reste dans la marmite autoclave une poudre inodore, blanche après lavage, dont le poids varie entre 24 et 26 pour cent de l'albumine. Ce résidu contient, outre les carbonates et les oxalates, des sulfates, des sulfites et des phosphates (0,5 à 1 p. c.), plus des traces de savon barytique, quand l'albumine n'a pas été complètement dégraissée.

La dose de carbonate et d'oxalate présente une constance remarquable, environ dix pour cent d'albumine de chaque sel. Le liquide restant filtré contient un poids constant d'acide acétique, correspondant à 4,2 pour cent de l'albumine.

Puis le liquide est évaporé dans le vide, et le résidu séché est soumis à l'analyse élémentaire, comme si on avait affaire à un principe unique et non à un mélange.

Il contient	Carbone	48, 2 ou 4
	Hydrogène	8, 0 ou 5
	Azote	12, 3 ou 4
	Oxygène	31, 1 ou 5

Avec ces données, dit M. Schützenberger, on doit pouvoir figurer la réaction par une équation, en représentant le résidu fixe par une formule ; mais, pour faire entrer ces principes, trouvés en proportion constante, dans l'équation avec un nombre entier de molécules, il faut nécessairement attribuer à l'albumine un poids moléculaire très élevé.

L'équation résume les faits très approximativement, car ses données reposent sur de nombreuses vérifications expérimentales :

Albumine — Résidu fixe — Ammoniaque. — Ac. oxalique

$$C_{240}H_{392}Az_{65}O_{75}S_3 + 57H_2 = OC_{219}H_{431}Az_{48}O_{106} + 16(Az\,H_3) + 3(C_2H_2O_4)$$

Ac. carb. — Ac. acétique — Pyrrol.

$$+ 3\,CO_2 + 4\,C_2H_4O_2 + C_4H_5Az + S_3$$

Le sens de la réaction est donc évident : elle consiste en un *dédoublement par hydratation* ; les molécules d'eau fixées se substituant à l'ammoniaque et aux acides carbonique, oxalique et acétique, et la dose d'ammoniaque correspondant exactement, molécule pour molécule, à celle qui résulterait du dédoublement par hydratation *des acides amidés* correspondants.

L'existence de ces trois groupements est, par le fait même, révélé dans la molécule albuminoïde. On peut aller plus loin, et affirmer que ces trois combinaisons sont relativement indépendantes, parce que leurs rapports varient dans les autres matières protéiques.

L'analyse du *résidu fixe* montre d'autre part qu'il n'est qu'un mélange complexe de divers produits azotés appartenant tous à la classe des *composés amidés*, plus stables que les amides précédents, car ils résistent à l'influence des alcalis et aux températures élevées. La théorie atomique explique cette résistance en admettant que, dans ces dérivés, le résidu de l'ammoniaque, au lieu de s'unir au car-

bone déjà combiné à l'oxygène, se substitue à une molécule d'hydrogène d'un radical hydrocarboné distinct de la molécule oxygénée. C'est donc le voisinage de l'oxygène qui favorise l'hydratation.

En effet, le groupement $CO(AzH_2)$, en fixant une molécule d'eau, régénère facilement l'ammoniaque et l'acide organique dont le groupement (CO_2H) est caractéristique Ce groupement (CO_2H) HO est le point de départ de toute la série des acides gras, qui ne diffèrent en composition du premier que par la substitution d'un radical composé, de plus en plus carboné, à l'atome d'hydrogène.

M. Schützenberger isole ensuite les différents produits contenus dans le résidu fixe par des cristallisations fractionnées.

Il constate la présence d'une molécule de tyrosine $(C_9H_{11}AzO_3)$, et de toute la série homologue des *sucres de gélatine*, depuis la leucine $(C_6H_{13}AzO_2)$, jusqu'à l'analine $(C_3H_7AzO_2)$; tous à base d'acide gras.

Le résidu fixe est de composition constante comme les autres; l'élimination d'une partie de l'azote sous forme d'ammoniaque est liée à l'apparition de trois acides. 16 molécules d'ammoniaque, dont 6 correspondent à l'acide carbonique, apparaissent à 100°, par suite de l'hydratation de l'urée; puis à 150° apparaissent conjointement 3 molécules d'acide oxalique et d'acide acétique. Ces rapports moléculaires font croire que ces deux acides proviennent du dédoublement d'un groupe plus complexe que leurs amides, tel que l'amide de l'acide tartrique, qui se décompose par hydratation en acides oxalique et acétique.

Ainsi en retranchant de 1 molécule d'albumine le polygone $16AzH_3 + 3CO_2 + 4(C_2H_2O_4) + 4C_2H_4O_2 + (16H_2O - 3H_2O) + S_3$, la différence doit représenter très approximativement la composition du groupe non encore hydraté, c'est-à-dire du résidu fixe.

M. Schützenberger démontre par des formules que le reste $C_{221}H_{346}Az_{49}O_{58}$ se rapproche sensiblement d'une expres-

sion de la *leucine* que l'on trouve précisément associée à l'albumine dans les cellules vivantes.

En variant les conditions de température et la durée de l'expérience, on peut rendre le dédoublement plus ou moins complet : outre les séries des leucines et les leucéines on peut obtenir par cristallisation fractionnée une nouvelle série de corps correspondant à la formule générale $C_nH_{2n}Az_2O_4$. Ils sont plus sucrés et plus solubles dans l'eau que la leucine.

Lorsque le dédoublement se fait entre 100 et 120 degrés, le résidu fixe ne renferme presque plus de leucine et de leucéine; ces corps sont remplacés par les produits ci-dessus que M. Schützenberger propose de nommer, en raison de leurs propriétés caractéristiques, *glucoprotéiques*.

On peut en conclure, que le groupement initial (résidu fixe) consomme en s'hydratant autant de molécules d'eau qu'il renferme de molécules d'azote ; que la molécule d'albumine renferme, unis entre eux :

1° Le groupement CH_4Az_2O, urée.

2° Un ou plusieurs groupements fournissant par hydratation de l'ammoniaque et les acides oxalique et acétique dans des rapports constants, et absorbant autant de molécules d'eau qu'ils dégagent de molécules d'ammoniaque.

3° Un ou plusieurs groupements de la forme

$$x(C_nH_{2n-2}AzO), \text{ ou } x(C_nH_{2n-4}AzO_2),$$

et ces groupements de forme connue constituent à eux seuls la molécule de l'albumine dont la constitution se trouve ainsi fixée d'une manière générale.

La nouvelle série glucoprotéique obtenue par M. Schützenberger nous semble confirmer l'opinion émise par M. Wurtz, il y a plusieurs années déjà, que les corps protéiques sont des glucosides azotés, comparables à l'amygdaline qui donne par hydratation, par l'acide sulfurique étendu, ou sous l'action d'un ferment, un glucose, une aldéhyde et un nitrile CAzH.

Ainsi les matières protéiques, traitées par le même agent, ont donné des séries d'aldéhydes, d'acides gras et de nitriles. Alors on s'expliquerait comment le sucre peut se former dans l'économie, sans le concours d'aliments *glycogènes*, par le dédoublement de l'albumine de la viande. Tel serait le cas pour le sucre de lait des carnivores et le glucose qui se forme dans leur foie (1).

Claude Bernard a démontré que le sang qui se rend dans le foie, où s'élabore la matière glycogène, ne contient généralement pas de sucre et que, par contre, celui qui en sort *contient moins d'albumine*. Voilà, certes, de bien sérieuses présomptions à l'appui des révélations de la chimie biologique.

Nous croyons avec M. Wurtz que l'albumine qui disparaît ainsi doit servir à l'élaboration de matériaux nouveaux que le foie entraîne, et qu'elle subit des métamorphoses dont nous connaissons les produits et qui ne sont point des oxydations; les acides de la bile se forment évidemment par des dédoublements analogues, et chaque organe glandulaire est le foyer d'une chimie spéciale où s'élaborent des sécrétions et des cellules, aux dépens de l'albumine de circulation provenant des aliments.

L'organisme animal est capable d'opérer des condensations comme celui des plantes, bien qu'en général l'on ait pu dire que l'animal est une machine de combustion et la plante une machine de réduction. C'est ainsi, par exemple, que l'acide benzoïque ingéré est éliminé par les animaux sous forme d'acide *hippurique*, où le radical de l'acide benzoïque est uni aux éléments du sucre de gélatine; ce qui prouve que les produits de décomposition des matières albuminoïdes sont repris par l'économie pour for-

(1) Cette hypothèse de M. Wurtz nous paraît peu probable; car le sucre de lait est le produit d'une fonte cellulaire, d'une dégénérescence glandulaire qui met en liberté le *beurre*, la *caséine*, le *sucre* et les *sels*. De même le sucre du foie est élaboré par des cellules qui fabriquent de l'amidon (granulations glycogènes).

mer un produit nouveau. Claude Bernard avait raison d'affirmer que la circulation matérielle, qui comprend l'analyse et la synthèse, ne se fait pas seulement entre les deux règnes, mais dans chaque organisme élémentaire, dans chaque *cellule* : la matière y suit une double pente, mais le versant ascendant où l'énergie s'emmagasine est prépondérant chez la plante.

M. Wurtz conclut « que l'on peut affirmer hardiment que les forces mises en jeu dans ces phénomènes ne diffèrent point de celles qui sont du domaine de la chimie pure. » La seule différence qui existe entre les procédés de la nature et ceux des chimistes, c'est que la nature opère ses analyses par l'intermédiaire de cellules vivantes qui sécrètent des *ferments azotés solubles*. Toute cellule respire et digère, qu'elle soit libre comme les nombreux cryptogames et infusoires flottants dans l'atmosphère et dans les liquides organisés, ou agrégée en tissus vivants comme dans les muscles ou les glandes. Les admirables travaux de M. Pasteur ont établi que les fermentations alcoolique, acétique, lactique, butyrique, tartrique et muqueuse sont dues à des organismes inférieurs respirant et se nourrissant aux dépens de leur milieu organique ou inorganique, et dont les sécrétions varient avec les milieux (1) ; c'est ainsi que la plupart des tissus vivants, privés d'oxygène, se transforment en ferments alcooliques comme les germes de l'air, et que les cellules de levure peuvent donner de l'alcool et se développer dans des

(1) Dans la séance du 10 février dernier de l'Académie de médecine de Paris, M. Pasteur a rappelé que c'est pour réfuter Liebig, qui attribuait la fermentation à la décomposition spontanée des matières albuminoïdes au contact de l'air, qu'il a songé à composer des milieux artificiels contenant seulement de l'eau pure avec des substances minérales, des matières fermentescibles et des germes de ferments. Toute matière albuminoïde écartée, on vit alors le ferment vivant emprunter à la matière fermentescible tout le carbone de ses générations successives, et aux matières minérales l'azote, le phosphore, la potasse et la magnésie indispensables à la formation de tous les êtres.

solutions minérales de tartrates et de phosphates alcalins, privées de matières albuminoïdes. Les phénomènes de la digestion, dont Claude Bernard a démontré l'unité dans les deux règnes, sont dus à des produits azotés solubles, sécrétés par les cellules des divers organes (ferments diastasique, protéique, émulsif et inversif) (1).

« Le ferment protéique seul qui dissout l'albumine chez les végétaux comme la pepsine chez les animaux reste à découvrir,» écrivait Claude Bernard, peu de temps avant sa mort. Or, cette dernière lacune vient d'être comblée par la découverte du ferment du *carica papaya*. Claude Bernard n'avait pas attendu d'ailleurs cette découverte pour affirmer que ces ferments solubles président à toutes les oxydations et hydratations de l'organisme, et qu'ils contiennent en définitive le secret de la vie. Nous avons protesté à cette époque (2) contre ce que cette affirmation présentait d'absolu et d'incomplet; car, si les ferments solubles peuvent expliquer les phénomènes de l'évolution régressive de la vie (dédoublement, oxydation) c'est-à-dire la *désorganisation*, ils n'expliquent pas du tout les phénomènes de réduction, d'analyse et de synthèse, qui caractérisent l'organisation. Et lors même que nous aurions découvert et imité les procédés par lesquels la nature s'élève, d'échelon en échelon, jusqu'à la fabrication de l'albumine, le secret de la vie nous échapperait encore; car l'albumine, telle qu'elle existe par exemple dans le blanc d'œuf, n'a point de propriétés vitales. C'est le *germe*, le protoplasme de l'œuf et de la cellule, dont l'identité de composition n'est pas établie, qui possède seul toutes les propriétés vitales, la nutrilité et l'évolutilité, produisant l'intégration et la différenciation des structures et des fonctions, des individualités cellulaires et des organes. Ce protoplasme vivant s'appelle l'ovule dans l'œuf, mais

(1) Le rôle des ferments dans les phénomènes vitaux. *Annales*, 1re année, p. 211.

(2) *Ibid.*, p. 207.

non le noyau dans la cellule, comme l'affirme M. Chauffard (1) ; car, dans certains organismes comme les algues, il joue vis à vis du vrai protoplasme qui l'entraîne, un rôle purement passif.

Les expériences réalisées depuis vingt ans en Allemagne, et particulièrement à Munich par Voit, Bischoff et Pettenkofer, prêtent aux recherches de M. Schützenberger, sur le dédoublement de l'albumine, une singulière portée ; car ces expériences prouvent qu'il faut renoncer à l'hypothèse de la production des forces vitales par combustion directe des aliments ou des tissus, et que le phénomène initial de la désintégration organique, d'où résulte la production de l'énergie, est dû essentiellement à des dédoublements occasionnés sans doute par des ferments que sécrètent les cellules.

Voit et Bischoff ont démontré que l'azote total des aliments reparaît dans l'urine et les fèces, et que l'azote des urines permet de mesurer exactement l'intensité de la transformation albuminoïde.

D'autre part Pettenkofer, en perfectionnant l'appareil respiratoire de Lavoisier, est parvenu à déterminer exactement dans les résidus de la respiration les produits de la transformation des matières hydrocarbonées. C'est ainsi qu'ils sont arrivés à formuler les lois de la production de la chair, de la graisse et du travail mécanique, qui servent de base aux calculs des éleveurs.

On sait que Lavoisier avait entrepris de résoudre le problème de la combustion animale en enfermant un animal dans une enceinte, puis en calculant la chaleur produite pendant un temps donné par la fonte de la glace. Il recueillait d'autre part les produits de la respiration, et pesait l'acide carbonique pour connaître la quantité de charbon consumé. En comparant les deux produits, il ne trouva pas le rapport cherché ; mais, par contre, il vit

(1) C'est le noyau de la cellule qui gouverne toute la vie cellulaire. *La Vie*, p. 118.

que lorsque l'animal en expérience *travaille*, la consommation d'oxygène est *deux fois et demie plus considérable* qu'au repos, et que l'élimination d'acide carbonique est plus considérable encore.

Lavoisier vit aussi qu'il ne se produit pas seulement de l'acide carbonique, mais de l'eau, dans la respiration et il calculait comme si l'animal eût brulé du carbone pur. Barral et Reisset, qui perfectionnèrent son appareil, aboutirent aux mêmes résultats, et se persuadèrent avec M. Boussingault, qu'une partie de l'azote des aliments est éliminée par la peau et les poumons sous forme d'azote et d'ammoniaque.

En réalité l'oxygène consommé pendant le travail d'un muscle n'est pas en rapport avec l'acide carbonique exhalé, comme le croyait Lavoisier, et l'urée qui permet de mesurer l'intensité des transformations de l'albumine, n'augmente guère pendant le travail, comme l'affirmaient et l'affirment encore l'école anglaise et l'école française (Ritter et Parkes).

L'animal qui dort, le muscle au repos absorbent plus d'oxygène qu'ils n'en rendent. Au contraire, ils en dégagent plus qu'ils n'en absorbent au travail ; ce qui prouve que l'on n'a point affaire à une fixation directe d'oxygène sur le muscle en action, mais que l'oxygène se fixe après coup sur les produits du dédoublement de l'albumine, qu'il fait rentrer dans le règne minéral par oxydations successives (1). Le travail musculaire entraîne l'élimination de beaucoup d'acide carbonique et de peu d'azote ; et l'azote éliminé est toujours proportionnel à la quantité d'albumine contenue dans les aliments ; ce que démontre le dosage de l'urée qui donne la mesure exacte de la transformation de l'albumine.

On en a conclu que l'énergie que dégagent les organismes est due uniquement au dédoublement spontané de l'albu-

(1) Voir nos résumés des travaux de l'école physiologique de Munich. *Revue des sciences médicales* de Louvain, septembre et novembre 1876 ; *Revue des questions scientifiques*, janvier 1877.

mine dissoute dans le sang, en graisse et en urée dans les cellules ; la combustion subséquente de la graisse qui en résulte ne servant qu'à entretenir la température normale des organismes.

Wolff affirme, contrairement aux idées de Liebig et de Dumas, que la rénovation moléculaire est une illusion. Ce n'est pas l'édifice moléculaire des organes qui engendre les forces corporelles en s'écroulant sans cesse, puisque, dès que l'albumine des aliments fait défaut dans le sang, l'élimination des résidus azotés se réduit à rien. Cette conclusion nous paraît au moins prématurée, car rien ne prouve qu'un organisme qui reste à jeun, placé dans des conditions extraphysiologiques, fonctionne normalement. Ainsi, les matières grasses et amylacées ne seraient que des aliments purement thermogènes, capables de jouer tout au plus le rôle d'*aliments d'épargne* vis-à-vis de l'albumine dont la graisse peut alors se déposer dans les tissus au lieu de se brûler.

Tout en admettant, avec M. Berthelot, qu'une quantité notable de chaleur peut prendre naissance dans l'organisme par des hydratations et même par des déshydratations, indépendamment de toute oxydation, nous avons déjà fait ressortir dans un travail spécial toute l'invraisemblance de cette théorie exclusive. Depuis lors, l'expérience est venue confirmer nos prévisions , notamment par des recherches plus précises instituées sur la nutrition des abeilles, qui montrent qu'elles ne fabriquent pas seulement de la cire aux dépens des matières albuminoïdes, comme l'affirmait l'école de Munich.

Ce qui ne veut pas dire que nous nous rangeons à l'opinion d'un grand nombre de physiologistes qui expliquent les faits de la non-élimination de l'azote pendant le travail par une autre hypothèse : celle de la combustion des matières hydrocarbonées dans la cellule inaltérée, comme du charbon dans une machine à feu, pour produire le travail mécanique. Cette conception due aux physiciens, n'est pas non plus l'expression des faits. Si le muscle est une machine,

c'est une machine qui élabore son combustible et qui l'assimile partiellement pour renouveler sa charpente. Et l'on peut affirmer hardiment avec Claude Bernard que toute manifestation fonctionnelle, c'est-à-dire vitale, correspond à un phénomène d'usure ou de destruction organique. Ce qui faisait dire spirituellement à l'illustre physiologiste que *la vie c'est la mort.*

En admettant même avec les physiologistes de Munich que « les transmutations dont le corps animal est le siège peuvent être ramenées à des proportions très simples et que le *sucre seul, qui résulte du dédoublement de l'albumine, de la graisse ou de l'amidon, serait directement brûlé dans la respiration et converti en acide carbonique en produisant de la chaleur et non du travail,* » il resterait à expliquer l'origine de ces nombreux produits de désassimilation de plus en plus riches en oxygène des muscles et des nerfs, qui partent de la créatine et de la créatinine, pour aboutir à l'acide urique et à l'urée, et retourner par une dernière hydratation au règne minéral sous forme d'eau, d'acide carbonique, d'ammoniaque et d'azote. Il est vrai que les produits immédiats d'une même série homologue, que l'on fait dériver artificiellement les uns des autres en employant des oxydants dans nos laboratoires, peuvent être considérés comme des produits de dédoublement. En effet, dans chaque série d'acides gras ou d'amides, les quantités d'oxygène ou d'azote ne varient pas. Ce sont les molécules de carbures d'hydrogène ($C_n H_2$) qui disparaissent à mesure, sous l'action de l'oxygène, et sont éliminées avec lui sous forme d'acide carbonique et d'eau.

Le procédé chimique, employé par la nature dans la désintégration organique, consiste donc en définitive à suivre la marche inverse de l'intégration, c'est-à-dire, de l'organisation de la matière. Nous avons vu qu'elle gravit les échelons de la vie par voie de condensation du carbone, en accumulant sans cesse les molécules hydrocarbonées sur des molécules préexistantes, procédé que la synthèse

chimique est parvenue à imiter de diverses façons, et jusqu'à un certain degré d'intégration. Pour redescendre l'échelle, la nature se bornerait à enlever pièce à pièce, au moyen de l'oxygène, ces molécules hydrocarbonées, greffées sur des molécules préexistantes qui seraient ainsi remises en liberté et se déferaient une à une, comme les mailles d'un filet, jusqu'à la désorganisation complète.

Ainsi prendraient naissance tous ces acides gras volatils qui sont les chaînons intermédiaires entre les graisses solides et l'acide carbonique, les acides de l'humus, intermédiaires entre la cellulose, les sucres et l'acide carbonique, et ces *amides* dérivés de la désintégration ou de la décomposition des principes albuminoïdes.

Il nous semble que, en partant du point de vue de M. Pasteur, il est possible de concilier toutes les récentes découvertes, contradictoires à première vue, de la physiologie et de la chimie biologique. En effet, si on peut assimiler la vie des cellules d'un organe à celle d'une cellule isolée comme la levure, le dédoublement correspondrait à la fermentation, qui transforme le milieu alimentaire par voie d'hydratation proportionnellement à l'intensité de la respiration, c'est-à-dire de l'oxydation de la cellule. En d'autres termes, la désintégration du milieu organique, qui retourne au règne minéral par voie de dédoublement, serait subordonnée et parallèle à la désintégration cellulaire par voie d'oxydation ; l'intensité de ce dernier phénomène étant subordonnée elle-même à la richesse du milieu nutritif.

La genèse continue de l'eau par la respiration des cellules doit dégager une somme d'énergie calorifique suffisante pour déterminer les hydratations successives de l'organisme, confondues si longtemps avec les oxydations directes.

Ainsi s'expliquerait aussi la conservation relative de l'azote chez l'animal en mouvement ou à jeun, et la fixation des éléments gazeux de la respiration sur les produits de la désintégration.

Nous affirmions tout à l'heure que l'édifice moléculaire du protoplasme varie probablement selon les espèces; ce qui explique la différence fonctionnelle de son évolution. Rien de plus *à priori* que d'affirmer l'unité de composition et de structure de cette matière, en vue d'apporter des contributions à l'hypothèse de la génération spontanée. On peut affirmer sans crainte que les différentes espèces d'albumine, confondues sous le nom de protéine présentent également des différences de composition et de structure moléculaire.

C'est M. Dumas le premier qui a distingué en 1839, sous les noms de fibrine végétale, de caséine, de glutine et d'albumine, les divers principes albuminoïdes que l'on rencontre chez les végétaux.

Mülder, dissolvant ensuite ces divers principes dans la potasse, parvint à les obtenir exempts de soufre, et trouva une substance de composition identique dosant 54,4 de carbone, 6,9 d'hydrogène, 15,8 d'azote et 22,6 d'oxygène.

MM. Dumas et Liebig proclamèrent l'identité de l'albumine chez tous les animaux, et de l'albumine et de la caséine dans les deux règnes. Mais M. Dumas trouva bientôt que la fibrine contient moins de carbone et plus d'azote que l'albumine. Il affirma que la légumine des végétaux est dans le même cas, contrairement à l'opinion de Liebig, et bientôt les chimistes furent forcés de reconnaître plusieurs combinaisons différentes de matières albuminoïdes dans le gluten du blé, que l'on avait d'abord appelé fibrine végétale.

Nous avons donc affaire, dans les substances azotées de l'organisme, à des édifices moléculaires compliqués et variés à l'infini.

Suivant Liebig, un premier degré d'oxydation transforme la trame des cellules en *fibrine* des muscles et en *gélatine* des os. L'oxygène brûle ce qu'il a élevé, et entraîne par tous les émonctoires de l'économie (peau, reins, poumons, foie) les produits des combustions successives. Il constate que le

plasma du sang des animaux est essentiellement formé d'une solution d'*albumine*, de *graisse*, de *sucre* et de *sels* empruntés aux végétaux par l'alimentation, et qu'une simple opération chimique peut faire connaître la composition et les altérations du sang, par l'analyse de l'urine qui renferme les produits de sa combustion.

Liebig croyait à tort que l'animal ne faisait qu'assimiler les produits de l'élaboration végétale pour régénérer ses tissus, et qu'il était incapable d'effectuer lui-même des synthèses organiques.

Depuis lors la science a marché. Car il est non seulement démontré, par les travaux de Claude Bernard, que l'animal peut fabriquer du sucre, de l'amidon et de la cellulose, et sécréter les mêmes ferments digestifs que la plante ; mais il est prouvé que les cellules fabriquent dans le cours de leur évolution normale des séries de produits cellulosiques azotés, sortes de glucosides donnant par dédoublement des amides et du glucose qui se rapprochent de plus en plus de la composition de la cellulose par condensation progressive du carbone (1).

Pour parler le langage des mathématiques, l'azote et l'oxygène forment la *constante*, les molécules (C_n H_{2n}) qui s'accroissent représentent la *variable*.

Nous avons vu plus haut comment le glucose, qui produit en se condensant plus ou moins le sucre cristallisable, les gommes, l'amidon et la cellulose, joue le rôle d'agent de transport dans la plante vis-à-vis de ces divers principes. C'est ainsi que l'on voit, par exemple, dans les pommes de terre l'amidon se transformer en sucre soluble, pour voyager à travers les cellules et se transporter dans les tiges et dans les fruits, où il forme la cellulose des membranes nouvelles. Ailleurs, comme dans le ricin, c'est l'huile qui en s'oxydant se convertit en glucose. Or, il existe dans les végétaux une substance qui paraît jouer vis-à-vis de

(1) Schützenberger, *La vie d'une cellule*, 1879.

l'albumine le même rôle que le glucose vis-à-vis des hydrates de carbone insolubles. Du moins il est certain que dans la grande famille des légumineuses, l'*asparagine*, cet amide complexe de l'acide malique qui a pour formule $C_{26} H_6 Az_{21} O_{36}$ apparaît pendant la germination, pour disparaître ensuite et régénérer la *légumine* dont elle n'est qu'un produit d'oxydation. Or l'édifice moléculaire de ce principe, soluble et cristallisable comme le sucre, est parfaitement connu ; et comme il est très voisin d'une matière protéique, il permet d'entrevoir la possibilité de sa synthèse.

M. Wurtz, admettant d'après les expériences de MM. Boussingault, de Ville et Hellbriegel, que l'azote pénètre dans les racines sous forme de nitrate, constate qu'il doit nécessairement y subir une réduction complète sous l'action de l'hydrogène ; car la nature ne forme point de composés nitrogénés comme la nitrobenzine, le fulmicoton, etc. Ce n'est que sous forme d'amides, résultant de la substitution des molécules AzH_2 et AzH_4 à des molécules d'hydrogène dans les combinaisons du carbone avec les éléments de l'eau, que les composés azotés se présentent dans la nature. L'expérience a démontré que l'absorption de certains principes minéraux, tels que la potasse et le phosphore, est nécessaire à l'élaboration des principes immédiats azotés.

Le phosphore est le compagnon presque inséparable de l'azote dans la matière organisée. Il semble, dit M. Boussingault, entrer dans la composition intime des matières albuminoïdes. La richesse en phosphates des bourgeons et des graines augmente toujours en proportion des matières azotées. C'est ainsi que les expériences de Nobbe, Erdmann et Schroeder ont établi que, sans l'intervention de la potasse, il ne saurait se produire d'amidon dans les grains de la chlorophylle (1). Nous croyons avoir suffisamment insisté ailleurs sur les *lois de la restitution minérale* (2), qui repo-

(1) *Journal des stations agromoniques de l'Allemagne*, 1871.
(2) *Revue des questions scientifiques*, 1878.

sent sur l'analyse des cendres des plantes et des animaux, pour ne plus y revenir ici.

Bornons-nous à constater que le phosphore et la potasse se retrouvent dans les urines de tous les animaux, et que la quantité des phosphates des urines, comme celle des sulfates, croît avec la désassimilation albuminoïde.

Les travaux de M. Byasson et d'autres physiologistes tendent même à démontrer que l'intensité de l'activité nerveuse et cérébrale s'accuse par un accroissement notable de l'acide phosphorique et de l'urée des urines. Ce qui indique la nécessité d'une restitution *intensive* de ces éléments (azote et phosphore).

Chacun sait aujourd'hui que les feux follets, qui épouvantaient si fort les habitants des campagnes, résultent d'une combinaison inflammable à l'air de l'hydrogène et du phosphore, dégagés par la matière nerveuse des cadavres qui se décomposent à l'abri de l'air, c'est-à-dire de l'oxygène.

La circulation de l'azote dans la nature a fait dans ces derniers temps l'objet de recherches très remarquables, notamment de la part des agronomes MM. Schlœsing, Müntz, Mayer, etc. Nous avons analysé ces travaux dans différentes livraisons de la *Revue des questions scientifiques*.

Il résulterait de ces recherches que l'azote qui retourne à la mer sous forme de nitrates par les rivières, est transformé par les organismes marins en carbonate d'ammoniaque, qui revient aux plantes terrestres par la voie de l'atmosphère. Celles-ci fixeraient directement ce sel volatil par l'intermédiaire de leurs feuilles ; mais M. Berthelot a prouvé depuis, qu'il était inutile d'admettre cette hypothèse pour expliquer la restitution continue de l'azote, ce gaz étant soustrait à l'atmosphère en vertu d'une réaction aussi générale que l'action oxydante de l'air sur les végétaux.

La fixation de l'azote libre par les feuilles avait été démontrée déjà par M. G. Ville, en 1868, au muséum de

Paris. Mais l'autorité de M. Boussingault, qui n'avait pu réusssir à contrôler ce phénomène en opérant dans un milieu clos ou dans des cages de verre, faisait dédaigner l'explication fournie par M. G. Ville, lorsqu'en 1878 M. Grandeau prouva qu'une plante soustraite aux effluves électriques végète misérablement. C'est alors que M. Berthelot, poursuivant ses expériences sur les synthèses chimiques par les énergies électriques, constata que la faible tension des effluves atmosphériques *suffit pour combiner l'azote à toutes les substances hydrocarbonées du sol et de la plante.* Cette importante découverte venait également à l'appui des observations qui démontrent que les combustions de l'*humus* entraînent, comme toutes les combustions lentes, la fixation de l'azote. (Thénard, Cloës, Simon, Müntz, Dehérain.)

Dans tous les cas il est certain que les récoltes fixent plus d'azote que les fumures ne leur en offrent, et que cet excédant ne peut venir que de l'atmosphère ; d'autant plus que l'azote des fumures n'est pas assimilé complètement ; et qu'une partie se dégage dans l'atmosphère sous forme d'azote et d'ammoniaque, tandis qu'une autre est entraînée par les eaux dans le sous-sol, sous forme de nitrates qui se perdent dans les rivières.

Dernièrement MM. Müntz et Schlœsing ont démontré que la nitrification s'opère dans l'humus par l'intermédiaire d'organismes microscopiques, dont la respiration entraîne la fermentation des matières organiques, absolument comme la respiration de la levure engendre la fermentation alcoolique (1). De telle sorte que l'on peut mesurer dans les eaux de drainage l'intensité de la combustion des matières azotées par le dosage de l'acide nitrique, comme l'on mesure la combustion du carbone par le titrage de l'acide carbonique. L'on ignore si cette transformation, qui marque le retour

(1) Voir *Annales de la Société scientifique de Bruxelles*, 1879-80, notre étude sur le *pouvoir absorbant des sels arables et des racines*, et *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, séance du 22 décembre 1879.

de la matière organisée au règne inorganique, est toujours précédée des étapes intermédiaires que l'on observe par exemple dans la décomposition du fumier. Les travaux de Berzélius démontrent qu'il existe une série d'acides homologues de plus en plus oxydés dans l'humus : les acides *ulmique* et *humique* insolubles dans l'eau et solubles dans les alcalis, qui constituent la *matière noire colloïde* à laquelle M. Grandeau attribue les propriétés fertilisantes de l'humus ; puis les acides *crénique* et *apocrénique*, solubles dans l'eau qu'ils colorent en brun et qui se transforment aisément en acide carbonique. Or ces acides jouissent d'une grande affinité pour l'ammoniaque qu'ils fixent dans le fumier ; mais il se produit d'abord dans celui-ci une fermentation sucrée de la cellulose aboutissant à la formation de *glucosides azotés*, analogues à ceux qui résultent du dédoublement de l'albumine. Un fait très remarquable et que nous croyons être le premier à signaler, c'est que dans la formule de ces glucosides azotés on voit se reproduire le même phénomène que dans la cellulose azotée des cellules ; l'accumulation progressive des molécules de $(C_n H_{2n})$, à mesure de la fermentation du fumier, aboutissant à la formation d'un produit noir insoluble peu azoté à base d'hydrates de carbone que Thénard appelait le *beurre noir*. Nous nous retrouvons donc en présence de ces *acides amidés à base de glucose*, qui semblent décidément former, par leurs combinaisons avec des composés plus élémentaires la molécule de l'albumine, et que nous rencontrons, à tous les degrés ascendants et descendants, au sommet de l'échelle inaccessible de l'organisation.

Encore une fois la synthèse chimique reproduit facilement le *glucosate* d'ammoniaque, et la plupart des combinaisons des matières hydrocarbonées avec l'azote, qui se produisent spontanément, d'après les dernières recherches de M. Berthelot, sous la tension électrique normale de l'atmosphère.

Avant de quitter ce sujet, il importe de distinguer les différentes échelles par lesquelles les matières azotées redescendent dans le monde inorganique.

En général les produits de la putréfaction sont analogues aux produits de la désassimilation ; ce qui était facile à prévoir du reste, puisque tous deux résultent d'une combustion lente par voie de fermentation.

Tandis que la putréfaction engendre, suivant l'accès plus ou moins facile de l'air, des oxydes ou des hydrures (eau, carbonates, sulfates, phosphates, ou bien hydrocarbures saturés, hydrogènes phosphorés et sulfurés), les produits de la régression vitale suivent une marche parallèle, variant aussi avec l'intensité de la combustion vitale.

La putréfaction lente de la chair engendre des graisses, des cires et des amides complexes à base d'acides gras et d'acides du terreau ; car l'oxydation des matières albuminoïdes peut engendrer directement les sels du fumier et de l'humus, et l'on peut, en activant ou en déprimant la fermentation, obtenir des produits déterminés, absolument comme dans la combustion vitale.

Ainsi dans l'organisme, dès que l'équilibre entre la recette et la dépense est rompu dans un sens ou dans l'autre, on voit se multiplier ces produits de désassimilation par lesquels le corps glisse sur une pente insensible vers la mort ; et l'on peut constater la vérité du grand principe, affirmé par Virchow, que les éléments morbides organiques ou organisés qui prennent naissance dans les organes malades ne diffèrent des éléments sains et normaux que par leur développement anormal. C'est ainsi que le sucre, qui est un élément constant du sang, provoque une maladie mortelle (la glycosurie) quand il est élaboré en excès par le foie ; que l'albumine du sang est éliminée avec excès dans une foule de maladies aiguës ou chroniques (albuminurie) ; que l'urée, produit normal de la désassimilation de l'albumine, augmente en général dans toutes les maladies où la dépense excède la recette, comme dans la phtisie (azoturie), que les phosphates, élément constant de l'urine, apparaissent en quantité dans certaines maladies du système nerveux ou osseux (phosphaturie), comme le rachitisme et

les maladies de la moelle et du cerveau ; que le soufre élaboré dans le foie peut être également éliminé avec excès par les urines (cystine). Et dans tous ces cas, la cause spéciale du déficit est révélée par l'analyse de l'urine, conformément à la prédiction de Liebig. La restitution intensive des éléments est donc indiquée, et donne souvent de fort beaux résultats.

Parfois les principes immédiats sécrétés en excès ne paraissent dus qu'à un défaut de combustion. Dans les pays chauds notamment, le foie, qui est un organe d'épuration du sang comme les reins, en retire en excès les matières hydrocarbonées incomplètement brûlées par la respiration ; alors l'on voit se former, dans le foie et les canaux biliaires, des matières grasses comme la cholestérine qui cristallise et produit les calculs et les ictères mortels, ou du glycogène, sorte d'amidon qui produit du sucre et engendre le diabète.

Chez d'autres, le défaut d'exercice engendre la goutte et la gravelle, qui sont dus à la sécrétion anormale de l'acide urique, produit azoté de combustion incomplète, que l'oxygène transforme en urée, et d'acide oxalique que l'oxygène transforme en acide carbonique. Ou bien la même cause fait refluer dans le sang les produits de la désassimilation, tels que l'urée et la bile, et engendre des accidents souvent mortels, par les sels ammoniacaux résultant de leur dédoublement. L'urée donne en s'hydratant du carbonate d'ammoniaque, et la bile contient des acides amidés à base de soude, comme les acides taurocholique et glycocholique.

Mais c'est dans la maladie de la pierre que l'on trouve les produits les plus variés de la désassimilation. Tantôt c'est l'acide oxalique qui engendre la pierre dite hérissée, la plus douloureuse de toutes, tantôt ce sont les acides urique et phosphorique qui s'incrustent dans la vessie, en se combinant à la chaux, à la soude et à la magnésie.

Dans la gangrène, qui résulte de l'arrêt de la circulation

locale, le sang se putréfie dans l'organe, et donne naissance à ces mêmes produits de la désassimilation : phosphates ammoniaco-magnésiens, carbonates et sulfates de chaux, urates de soude et d'ammoniaque, qui cristallisent en même temps que la leucine et la cholestérine.

Ces derniers produits se retrouvent toujours dans la dégénérescence graisseuse des tissus.

Il est curieux de retrouver dans les quatre types de dégénérescence, c'est-à-dire de décomposition des organes, les éléments nouveaux du sang et de l'urine.

Ainsi nous avons vu que Liebig considérait avec raison le sang et le lait des mammifères, comme une solution d'albumine (caséine), de graisse (beurre), de sucre et de sels minéraux. Or, les quatre types principaux de dégénérescence, correspondent précisément à la prédominance de chacun de ces éléments : dégénérescence albuminoïde ou caséeuse, dégénérescence amyloïde ou sucrée, dégénérescence graisseuse et dégénérescence minérale (calcaire).

La glycosurie, qui résulte de l'hypergenèse des cellules glycogènes, est un frappant exemple de la dégénérescence amyloïde ou sucrée; la dégénérescence caséeuse caractérise souvent l'évolution régressive des organes enflammés, tels que les poumons, dont la dégénérescence calcaire vient entraver parfois heureusement la marche fatale ; quant à la dégénérescence graisseuse qui termine presque toujours la désorganisation sur place des cellules saines ou malades, elle fournit un argument décisif en faveur de l'hypothèse du dédoublement de l'albumine en graisse. D'ailleurs le microscope nous a révélé que le lait n'est autre chose qu'un produit normal de dégénérescence des cellules glandulaires des mamelles. D'où l'on peut conclure que les cellules saines engendrent, en se décomposant, les quatre éléments organiques qui sont dissous dans le sang en proportions différentes.

En résumé, la matière minérale s'organise par des réductions et des condensations moléculaires successives aux

dépens de l'acide carbonique, de l'eau, de l'azote libre et combiné. Elle retourne à l'état minéral par des séries de dédoublements et d'oxydations, dont les degrés correspondent aux degrés ascendants, et qui reviennent aux combinaisons minérales du point de départ de l'organisation.

Sans prétendre pénétrer « le secret de la vie, » comme disait Claude Bernard, la science a cependant réussi à découvrir et à imiter dans une certaine mesure, l'architecture des édifices *ascendants* et *descendants* de l'organisation, et le mécanisme fonctionnel des éléments anatomiques dont la genèse lui échappe. Par ses procédés d'élevage et ses cultures artificielles dans le sable calciné et l'eau distillée, la physiologie prouve qu'elle a surpris les lois de la nutrition végétale et animale, depuis les organismes les plus rudimentaires (cultures des ferments de Pasteur) jusqu'aux plus élevés (cultures de G. Ville et des stations agricoles, applications des lois de la production du travail, de la graisse et de la chair à l'élevage).

Étant donné que la somme d'énergie de l'univers reste constante comme la quantité de matière, la vie matérielle se réduit à un flux et un reflux continu d'atomes, qui engendrent par leurs réactions mutuelles la chaleur et le mouvement des organes. C'est la matière des aliments, et non le principe vital, qui est la source des forces corporelles de l'homme et des animaux. L'âme peut provoquer ou suspendre la transformation de ces forces, mais elle ne les produit pas plus que le machiniste ne produit les forces qui font mouvoir la locomotive. Ces forces, dégagées par le charbon ou les aliments, dérivent d'une même source, le soleil. La thermochimie et la thermodynamique démontrent aujourd'hui avec une égale certitude que l'astre central de l'univers est le moteur qui actionne tous les organismes à la surface du globe, comme il actionne tous les mondes qui gravitent autour de lui.

A. Proost
professeur à l'Université de Louvain.

BOTANIQUE GÉOGRAPHIQUE

QUELQUES OBSERVATIONS SUR LA MÉTHODE.

Dans un précédent article (1) j'ai essayé de décrire l'action exercée par le climat sur la flore de la partie septentrionale de la Scandinavie. A plusieurs reprises, pendant l'exécution de ce travail, aussi bien qu'en poursuivant les recherches qu'il résume, je me suis trouvé en face de difficultés actuellement insurmontables, en raison de la nature des renseignements que j'étais obligé de chercher parfois en dehors de mes propres observations ; et en terminant je n'ai pu m'empêcher de dire combien il serait important que les renseignements destinés à servir de base aux études de géographie botanique fussent recueillis avec une méthode rigoureuse.

Cette question a été traitée déjà à plusieurs reprises. Elle l'a été surtout d'une façon magistrale par M. A. de Candolle (2), et sa connaissance profonde des questions qu'il

(1) Le climat de la Scandinavie dans ses rapports avec la végétation. *Revue des questions scientifiques*, avril 1880.

(2) De Candolle. *Géographie botanique raisonnée*. 2 vol. in 8°.

traite ainsi que la remarquable netteté de ses vues devraient peut-être m'empêcher de revenir de nouveau sur ce point. Il faut malheureusement reconnaître que ses précieux enseignements n'ont pas porté tous les fruits qu'on devait en attendre. Les personnes, si nombreuses, qui désirent contribuer à faire connaître la flore des contrées qu'elles habitent, négligent le plus souvent les précautions qui seules pourraient donner à leurs observations une réelle valeur.

Nous n'en sommes plus en effet aujourd'hui à dresser de simples catalogues des espèces qui habitent un pays. Le recensement général peut être considéré comme suffisamment achevé dans tous les pays civilisés ; on l'a si bien compris que la plupart des auteurs de flores locales, renonçant à augmenter notablement le nombre des espèces décrites dans leurs ouvrages, se sont appliqués surtout à saisir les rapports de la végétation de leur pays avec le sol qui le constitue et le climat dont il jouit. Ces efforts ont été déjà fort heureux ; mais à côté des résultats réellement acquis à la science, nous trouvons une proportion énorme de documents qui resteront sans utilité sérieuse. Ils se contentent d'indiquer des localités nouvelles de plantes plus ou moins rares, de mentionner pour un pays ou une région des espèces nouvelles, d'ailleurs connues dans les régions voisines et dans les mêmes conditions physiques et climatériques. On comprend aisément que des travaux de cette nature ne peuvent plus rendre de grands services.

Je crois donc que l'importance de cette question est assez grande pour qu'on y revienne encore, malgré l'autorité de ceux qui l'ont traitée.

Je le fais d'autant plus volontiers que j'ai pu recueillir sur ce sujet quelques documents peu connus, et cependant fort précieux, sur lesquels je suis heureux de pouvoir appeler l'attention. Je chercherai surtout mes exemples dans la flore scandinave, la mieux connue de l'Europe au point de vue de la statistique des espèces ; cela me permettra d'appuyer sur des données nouvelles, les conseils que

M. de Candolle donnait dès 1855 à ceux qui s'occupent de géographie botanique.

L'une des premières conditions pour qu'un travail ait de la valeur au point de vue qui nous occupe, c'est que les espèces citées soient bien déterminées. Différentes raisons poussent certains auteurs à considérer comme des espèces fixes et distinctes des formes dont les caractères sont parfois difficiles à saisir. Ces tendances peuvent avoir un intérêt au point de vue philosophique ; et je ne discuterai pas ici la question de savoir si ces créations sont justifiées. Toute discussion serait oiseuse à mon avis ; car les renseignements historiques nous manquent, et ce sont sans doute les plus importants. Il me paraît impossible aujourd'hui d'affirmer que l'espèce est fixe, comme aussi d'affirmer qu'elle est essentiellement variable. Pour résoudre la question, dans un sens comme dans l'autre, on est encore obligé de faire appel à l'hypothèse, et les sciences naturelles doivent être des sciences positives. Wahlenberg, dans l'introduction de sa *Flora lapponica*, disait dès 1812 : « Est autem exactitudo et subtilitas quæ parum prodest et forsan nocet scientiæ.... et sic eo tendit, ut fiat scientia paucis accessu facilis.... Itaque meas de plantis annotationes, quantum fieri potuit, habituales, facileque perspiciendas exhibere studui. *Pulchritudo scientiæ brevitatem exposcit.* »

Il serait certainement très difficile, sinon impossible, de comparer les nombreuses espèces d'*Erophila*, de *Rubus*, de *Rosa*, de *Salix*, de *Mentha*, de *Hieracium* etc., créées par quelques auteurs et qui existent en Belgique et surtout en France, à toutes les espèces des mêmes genres que ces auteurs pourraient reconnaître dans d'autres pays. L'étude de ces genres critiques est sans doute fort intéressante ; mais il est certain que la pulvérisation pour ainsi dire indéfinie des espèces rendra un jour fort difficiles les études de géographie botanique.

Chacun sait avec quelle difficulté on se sert aujourd'hui

de la troisième édition de la *Flore du centre de la France* de Boreau, attendue avec tant d'impatience au moment de sa publication, et qui n'a fait pourtant qu'augmenter la valeur des éditions précédentes. Quand il s'agit de comparer la flore de plusieurs régions éloignées, ces difficultés sont beaucoup plus grandes encore ; je les ai éprouvées plus d'une fois. Il y a quelques mois, cherchant à déterminer la proportion des espèces de différents genres dans des pays éloignés les uns des autres, je consultai un ouvrage tout nouvellement publié sur la flore d'un des départements montagneux du midi de la France ; mais ce fut pour moi une véritable déception de reconnaître que ce département ne possède pas moins de 120 espèces du genre *Rosa*, alors qu'en 1848, MM. Grenier et Godron n'en comptaient que 23 pour la France entière. Il me fallut renoncer aux renseignements que j'espérais puiser dans cette publication toute récente, pour demander aux anciens auteurs ceux dont j'avais besoin.

Je crois donc nécessaire, quand il s'agit de recherches de géographie botanique, de ne considérer que les espèces dites linnéennes, correspondant quelquefois aujourd'hui à tout un groupe d'espèces.

Ce point général étant fixé, abordons maintenant les détails de la question, en prenant, autant que possible, la Scandinavie pour exemple.

Il paraît certain qu'aucune contrée du monde n'a été explorée au point de vue botanique aussi attentivement que la Scandinavie ; de nombreux travaux ont été publiés sur la distribution des plantes dans cette vaste région. Depuis un quart de siècle surtout, ces travaux ont pris, sous l'influence de l'illustre E. Fries, un caractère qu'il serait difficile de leur trouver dans aucun autre pays, de façon qu'on peut considérer la répartition des végétaux scandinaves comme connue.

E. Fries, dans sa *Summa vegetabilium Scandinaviæ*

(1846), étudie d'une façon générale la répartition des plantes scandinaves entre les grandes régions de la péninsule. Il y a quatre ans, M. Aug. Berlin, appliquant la méthode employée par Fries, a publié (1876) des tableaux très détaillés qui permettent de reconnaître d'un seul coup d'œil la présence, l'absence, le degré de vulgarité des végétaux, non seulement dans chaque province, mais même dans les différentes parties de chaque province, qu'il divise en trois régions très restreintes : septentrionale, moyenne et méridionale.

Bien avant cette époque, on avait publié des travaux importants sur cette matière, en suivant toutefois une méthode toute différente. Wahlenberg (1812-13), Læstadius (1830), Andersson (1843-46), Zetterstedt (1857) ont réuni des observations extrêmement nombreuses. Depuis, beaucoup d'auteurs les ont suivis dans cette voie. Toutes ces recherches présentent le même caractère : elles tiennent compte également de toutes les espèces trouvées dans une contrée et attribuent à toutes la même importance. Parmi les espèces signalées, il en est cependant de fort rares, d'exceptionnelles, qui n'influent pas sur la physionomie générale de la flore, et qui ont certainement, au point de vue des études de géographie botanique, une importance moindre que les plantes les plus communes.

Andersson, par exemple (1), insiste d'une façon toute particulière sur la place que chaque famille occupe dans la végétation de la Laponie quant au nombre relatif des espèces ; il nous apprend que la Laponie possède 19 espèces d'Orchidées, 20 espèces d'Éricacées et d'Empétrés, 148 espèces de Graminées et de Cypéracées. Ces dernières constituent $\frac{1}{8}$ de toute la végétation : les Composées $\frac{1}{10}$, les Graminées à peu près $\frac{1}{10}$, et les Éricacées seulement $\frac{1}{36}$; mais combien serait imparfaite l'idée qu'on se ferait de la végétation de la Laponie d'après ces données, en attribuant

(1) *Conspectus vegetationis lapponicæ*, 1846, p. VIII.

aux Orchidées la même importance qu'aux Éricacées représentées par le même nombre d'espèces, ou peu s'en faut. Les plantes de cette dernière famille constituent presque exclusivement le tapis végétal de toute la région forestière, tandis que les Orchidées sont presque toutes rares ; partout où l'humidité est assez grande pour que des marais se soient formés, les Cypéracées l'emportent au contraire sur toutes les autres familles.

Pour se faire une idée exacte de la végétation d'un pays, il me paraît essentiel d'attacher plus d'importance qu'on ne le fait ordinairement au nombre relatif des individus de chaque espèce. Les *espèces dominantes* nous apprennent plus que les espèces rares sur le pays, sur ses caractères topographiques et climatériques. Ce sont en effet les plantes dominantes d'une contrée qui y trouvent les conditions les plus favorables à leur végétation ; elles peuvent, par conséquent, mieux que toutes les autres, nous instruire sur la nature de ces conditions. Pour arriver à de bons résultats dans cette voie, il faut donc, en explorant une région, noter exactement l'altitude, l'exposition, la nature des localités, leur humidité, etc., puis dresser la liste des végétaux qui l'habitent en les classant d'après leur fréquence relative, en attachant la plus grande importance aux plantes les plus communes.

Cette idée a été soutenue précédemment dans un mémoire publié par M. G. Bonnier et moi, à la suite d'un premier voyage accompli en commun dans les pays scandinaves (1).

Il y a longtemps d'ailleurs que Dumont d'Urville, que M. Heer, que M. Thurmann ont essayé d'appliquer ce procédé. Cependant ces savants n'ont pas, à mon avis, suffisamment simplifié la méthode ; c'est pour cela peut-être qu'on ne lui a pas accordé depuis toute l'attention qu'elle mérite réellement.

M. Zetterstedt (2) a compris aussi combien il est intéres-

(1) G. Bonnier et Flahault, *Ann. Sc. nat.* Botan. 6e série, t. VII, 1879.
(2) Zetterstedt. *Plantes vascul. des Pyrénées principales ;* Paris, 1857.

sant de signaler les espèces dominantes. Il le fait pour un certain nombre d'arbres ; mais cette pensée lui échappe souvent ; et par suite, son ouvrage ne nous fournit que des données fort incomplètes sur ce sujet. Il est très remarquable toutefois que cette méthode n'ait pas été adoptée généralement par les botanistes qui n'ont pas la récolte des plantes rares pour but exclusif. Elle a été exposée dès 1855 avec une autorité et une clarté peu communes par M. A. de Candolle (1), malheureusement les flores, les herbiers, les ouvrages généraux ne fournissent, pour ainsi dire, aucun renseignement sur ce point. Un pareil travail aurait une grande utilité, mais il est presque entièrement à faire.

Il a été publié pourtant en Suède deux études très importantes qui me paraissent trop peu connues (2). L'auteur y insiste d'une façon toute particulière sur la division de chaque région en stations naturelles ; plus on les multiplie, plus on les distingue les unes des autres, et plus aussi sera exacte l'idée qu'on pourra se faire de la végétation de chacune d'elles, d'après les listes représentant la somme des observations qui y auront été faites. Aussi les travaux de M. H. von Post sont du plus grand intérêt au point de vue de la connaissance exacte de la flore scandinave. Cinq grandes régions ou stations naturelles (forêts d'arbres à feuilles aciculaires, forêts d'arbres à feuilles caduques, montagnes, lieux découverts, eaux), y sont subdivisées en plusieurs stations, dont M. von Post expose la végétation, en plaçant en première ligne les espèces arborescentes, puis les plantes herbacées, puis les graminées. Dans chacun de ces groupes, il distingue les plantes qui forment le fond de la végétation (täckande) et les plantes disséminées (strödde).

Je crois que rien de plus approfondi et de plus exact n'a été publié jusqu'ici.

(1) A de Candolle. *Géographie botanique raisonnée.*

(2) H. von Post. Om vextgeographiska skildringar ; *Botanisk Notitser*, Upsala 1861, pages 110 et 161. — *Försök till en systematisk uppställning af Vextställena ;* Stockholm, 1862.

La comparaison de toutes les listes dressées dans des stations identiques permet d'en établir nettement les caractères généraux ; c'est par l'étude attentive des phénomènes que présentent les espèces les plus communes, qu'on pourra déterminer sûrement l'influence des conditions climatériques sur la végétation de la contrée.

On ne négligera pas pourtant de signaler les espèces moins répandues ou même tout à fait exceptionnelles qu'on y rencontrera.

Dans l'intéressant chapitre qu'il a consacré aux espèces disjointes, M. de Candolle a trop insisté sur l'importance que peuvent avoir les plantes rares au sujet de l'origine et de la dispersion des flores, pour qu'il soit utile d'en parler ici.

Signalons, toutefois, quelques espèces appartenant à la péninsule scandinave, comme pouvant acquérir un jour un intérêt spécial, quand les progrès de la science auront jeté quelque lumière sur l'histoire des différentes flores et de leurs migrations. Il suffira de les indiquer ici, en même temps que les points du globe où on les rencontre.

Artemisia norvegica Fr., se trouve en grande abondance dans quelques points du Dovre ; en dehors de ces localités, les seules en Europe, cette plante n'est connue que dans l'Amérique du Nord.

Dianthus superbus L., ne se rencontre en Scandinavie que dans la partie la plus méridionale de la Suède et dans les régions les plus septentrionales du Finmarck au voisinage de la Laponie russe.

Geum hispidum Fr., répandue dans les provinces méridionales, surtout maritimes, de la Suède ; en dehors de cette région, elle n'a été trouvée qu'en Espagne sur les bords du Guadarrama par M. J. Lange.

Platanthera obtusata, Lindl., on la connaît dans un seul point de l'Altenfjord en Scandanavie, et nulle part ailleurs en Europe : elle se rencontre aussi dans l'Amérique du Nord.

Carex scirpoidea Michx, n'est connue en Europe qu'à Saltdalen (Norvège septentrionale); on la retrouve au Groënland et dans les montagnes de l'Amérique du Nord.

Revenant maintenant à la question, je rappellerai d'abord que l'on reconnaît facilement en Scandinavie trois grandes régions naturelles : la région forestière, s'étendant en moyenne, en Laponie, du niveau de la mer à 400 mètres d'altitude; la région subalpine, entre 400 et 600 mètres; enfin la région alpine, s'étendant de 600 mètres à la limite de la végétation. Non seulement il n'est pas possible de subdiviser nettement ces trois régions, mais elles sont elles-mêmes moins bien limitées que dans les montagnes de l'Europe moyenne.

J'ai cru pouvoir définir cette différence en disant qu'en Laponie les flores alpine et subalpine s'abaissent d'autant plus dans la région forestière qu'on s'avance davantage vers le nord (1).

Dans chacune des régions, forestière, alpine et subalpine, il faut du reste distinguer différentes stations naturelles; il devient alors intéressant de comparer les mêmes stations dans des régions différentes. Si on a pris soin de distinguer toujours, par exemple, la flore des marais; si on a veillé à noter exactement par ordre de fréquence toutes les plantes qu'on y rencontre, on pourra faire, pour ainsi dire, la somme de tous ces résultats particuliers, et obtenir la connaissance complète de la flore des marais. La plus grande différence entre une liste d'herborisation et le tableau résumant toutes les observations dans les localités de même nature et de même altitude sera due aux plantes rares, trouvées dans telle ou telle localité; mais ce qu'il y a d'essentiel, de fondamental, c'est-à-dire l'importance relative des espèces dominantes, ne variera guère d'une localité à une autre.

Les plantes dominantes sont en effet celles qui trouvent

(1) Voir *Revue des questions scientifiques*, avril 1880, p. 363.

dans une station les conditions *optima* de leur développement. A part de rares exceptions, elles se rencontrent, dans une même région, partout où ces conditions se présentent. Un certain nombre de plantes rares échappent sans doute le plus souvent, mais on comprend qu'on doive leur attribuer peu d'importance au point de vue auquel nous nous plaçons.

En résumant ou, comme je l'ai dit, en faisant la somme des résultats obtenus par l'investigation du plus grand nombre possible de stations identiques dans les mêmes conditions d'altitude, on donnera, si je ne me trompe, une idée exacte de l'ensemble.

Je me suis efforcé de le faire pour toutes les stations naturelles que j'ai visitées, pour les bords de la mer, pour les forêts des régions forestière et subalpine, pour les marais aux différentes altitudes, pour les prairies alpines et enfin pour les sommets.

Les listes suivantes peuvent servir d'exemple; elles ont surtout pour but, tout en appliquant la méthode, de donner aux botanistes étrangers à la Scandinavie une idée générale de sa flore. On trouvera dans les ouvrages de M. von Post, dont j'ai indiqué l'objet plus haut, la connaissance la plus exacte des localités plus restreintes auxquelles ce savant a donné toute son attention.

Comparons entre elles les listes exprimant le résultat général des herborisations accomplies dans les marais de la région forestière (0^m—400^m) de la Laponie de Piteå entre 65° et 67° de latitude, avec celles qui résument les explorations des nombreux marais de la région subalpine et de la région alpine dans la même province (400^m—600^m).

I. FLORE DES MARAIS DE LA RÉGION FORESTIÈRE.

Dans la Laponie de Piteå (0^m-400^m) 65°-67° lat. N. (1).

(1) Dans ces listes, les noms des espèces alpines en France sont *en italiques*. Les espèces dont le nom est précédé d'un astérisque ne sont pas signalées dans la *Flore de France* de MM. Grenier et Godron (1848).

A. Espèces dominantes.

1° *Arbres et arbustes*

Salix *nigricans* Sm.
— *pentandra* L.
— Lapponum L.
— Caprea L.
— aurita L.
— cinerea L.
— *myrtilloides* L.
* Ledum palustre L.
Betula glutinosa Wall.
— *nana* L.
Andromeda polyfolia L.
Vaccinium uliginosum L.
Calluna vulgaris Salisb.

2° *Végétaux herbacés.*

Carex digitata L.
— Buxbaumii Wbg.
*— *Personii* Sieb.
— acuta L.
*— livida Wbg.
— pallescens L.
Luzula campestris DC.
* Juncus stygius L.
— effusus L.
— *filiformis* L.
Scirpus lacustris L.
Phragmites communis Pr.
Eriophorum angustifolium Roth.
— vaginatum L.
— *alpinum* L.
Comarum palustre L.
Equisetum sylvaticum L.
Menyanthes trifoliata L.
Parnassia palustris L.

B. Espèces fréquentes, mais ne contribuant pas à la physionomie des marais.

1° *Arbrisseaux.*

Vaccinium Myrtyllus L
Empetrum nigrum L.

2° *Végétaux herbacés.*

* Cornus suecica L.
Alopecurus geniculatus L.
* Rubus Chamæmorus L.
* — arcticus L.
Polygonum viviparum L.
Rhinanthus minor Ehrh.
Solidago Virga-aurea L.
Caltha palustris L.
Epilobium palustre L.
Lysimachia vulgaris L.

Oxycoccos palustris Pers.
Euphrasia officinalis L.
Heleocharis palustris R Br.
Spiræa Ulmaria L.
Stellaria graminea L.
Juncus bufonius L.
Calla palustris L.
Hypochœris maculata L.
Cirsium palustre Scop.
Phleum alpinum L.
Heleocharis acicularis R Br.

C. Végétaux plus rares.

Myrica Gale L.
Salix herbacea L.
Peucedanum palustre Mönch.
Equisetum hyemale L.
Calamagrostis lanceolata Roth.
Galium palustre L.
— uliginosum L.
* Pinguicula villosa L.
Drosera rotundifolia L.
— longifolia Sm.
Pedicularis palustris L.
* — Sceptrum-Carolinum L.
Melampyrum pratense L.
Lycopodium Selago L.
Bartsia alpina L.
Pyrola secunda L.
— rotundifolia L.
Euphrasia parviflora Pr.
Angelica sylvestris L.
Scheuchzeria palustris L
Saxifraga Hirculus L.
* Galium triflorum Michx.
Geum rivale L.
Scirpus cæspitosus L.
* Equisetum scirpioides Mühlb.

II. FLORE DES MARAIS DE LA RÉGION SUBALPINE

Dans la Laponie de Piteå (400m — 600m). 65°-67° lat. N.

A. Espèces dominantes.

1° *Arbres et arbustes.*

Betula nana L.
Salix nigricans Sm.
— *pentandra* L.
— *myrsinites* L.
— *cinerea* L.
— *Lapponum* L.
Salix myrtilloides L.
— *aurita* L.
Andromeda polyfolia L.
Empetrum nigrum L.
Vaccinium uliginosum L.
* Ledum palustre L.

2° *Vegétaux herbacés.*

Carex dioica L.
Menyanthes trifoliata L.

Carex Buxbaumii Wbg.
— pallescens L.
— livida Wbg.
Juncus trifidus L.
— *filiformis* L.
Eriophorum alpinum L.
— angustifolium Roth.
Caltha palustris L.
* Rubus Chamæmorus L.
* Cornus suecica L.
Oxycoccos palustris Pers.
Parnassia palustris L.
Polygonum viviparum L.
Ranunculus Flammula reptans L.

B. Espèces fréquentes, mais ne contribuant pas à la physionomie générale.

1° *Arbustes et arbrisseaux.*

Calluna vulgaris Salisb.
Vaccinium Myrtillus L.

2° *Végétaux herbacés.*

Comarum palustre L.
Pedicularis palustris L.
Saussurea alpina DC.
* Tofieldia borealis Wbg.
* Pedicularis lapponica L.
* — Sceptrum-Carolinum L.
Rhinanthus minor Ehrh.
Melampyrum pratense L.
Solidago Virga-aurea L.
Lycopodium Selago.
Epilobium palustre L.
Thalicrum alpinum L.
Astragalus alpinus L.
Phyllodoce cœrulea Bab.
* Calamagrostis phragmitoides Hn.

C. Espèces plus rares.

Arctostaphylos alpina Adans.
Cardamine pratensis L.
Gentiana amarella L.
Oxyria digyna Campd.
Rumex Acetosa L.
* Pinguicula villosa L.

La comparaison des listes précédentes met en relief quelques faits intéressants.

Elle nous permet de constater d'abord une très grande uniformité dans la flore des marais des régions forestière et subalpine. Les végétaux dominants n'y varient guère spécifiquement; ceux qui contribuent le plus à la physionomie de ces localités appartiennent partout aux mêmes groupes;

ce sont ou des Saules, ou des Cypéracées et des Graminées. Les marais ont en Lapomie une physionomie des plus caractéristiques, que je ne leur ai jamais vue dans aucune autre contrée. Ce sont ordinairement de vastes dépressions, comprises quelquefois au milieu des plaines entre des collines formées de roches primitives en place, mais le plus souvent bordées de tous côtés par des accumulations de blocs ou de cailloux glaciaires roulés, s'étendant à des distances considérables. Ce ne sont pas des moraines ; et il serait trop long d'exposer ici l'origine qu'on attribue à ces longs rubans. Les vastes marais qu'ils circonscrivent sont parfaitement horizontaux, quoiqu'on n'y rencontre que très rarement une surface d'eau libre. Il sont formés presque exclusivement de sphaignes gorgées d'eau, sur lesquelles il faut marcher rapidement pour n'y pas enfoncer. Les *Juncus*, les *Carex*, les *Eriophorum* forment une pelouse dont tous les éléments ont la même hauteur. Les houppes blanches de ces dernières apparaissent de loin comme une couche de neige étincelante. Vers les bords, les Saules forment d'épais buissons, au milieu desquels se trouvent presque toutes les plantes qui constituent la flore de ces localités ; mais tout cet ensemble présente un aspect fort sévère.

La grande uniformité de la flore des marais me fournit l'occasion de dire quelques mots de la flore des lacs dans la même contrée.

M. de Candolle a insisté déjà sur ce fait que les plantes ont une aire d'extension d'autant plus vaste qu'elles ont une vie plus aquatique. En effet, la comparaison des trois listes relatives à la flore des lacs, dans les différentes régions altitudinales, ne montre pas seulement des ressemblances, mais une identité presque complète entre toutes les espèces dominantes. La flore s'appauvrit à mesure qu'on s'élève en latitude et en altitude, mais cet appauvrissement porte avant tout sur les plantes rares des régions inférieures ou des latitudes plus méridionales. Ce n'est guère qu'au

niveau où les neiges commencent à persister pendant tout l'été sous forme de névés, que les végétaux phanérogames disparaissent presque complètement des lacs ; mais les algues y persistent jusque sur les plus hauts sommets.

Les plantes phanérogames qui, abondantes dans les lacs de la région inférieure, n'atteignent guère la région alpine, sont les Nymphéacées (*Nymphæa alba* L., *Nuphar luteum* Sm., *Nuphar intermedium* Led.), les Renonculacées du genre *Batrachium*. Au contraire l'*Hippuris vulgaris* L., l'*Equisetum fluviatile limosum* L., l'*Isoetes echinospora* Dur., diverses espèces du genre *Sparganium*, le *Menyanthes trifoliata* L. se trouvent dans tous les lacs du nord de la Suède. La plupart de ces espèces s'étendent aussi beaucoup vers le sud. On peut remarquer également que les plantes aquatiques qui ont l'aire d'extension la plus vaste en Scandinavie sont surtout des monocotylédones.

Revenons à la comparaison de la flore des marais à diverses altitudes ; nous y constatons, outre une quantité considérable de Monocotylédones, un grand nombre de plantes alpines. Quelques-unes sont dominantes, ou du moins fréquentes, dans la région inférieure ; elles le deviennent d'autant plus qu'on s'élève davantage. J'insiste surtout sur l'accroissement lent du nombre de ces plantes ; cette progression presque insensible est tout à fait caractéristique pour le nord de la presqu'île scandinave.

Les faits que nous venons de constater pour la flore des marais s'accentuent bien plus dans la région des forêts. La comparaison des listes suivantes, dressées dans les forêts de la Laponie de Piteå, nous les montrent dans toute leur netteté. Comme dans les listes précédentes, les plantes de chaque catégorie sont rangées par ordre de fréquence.

I. FLORE DES FORÊTS DE LA RÉGION FORESTIÈRE (1).

Laponie de Piteå — 65-67° lat. N. — (0-400^{m} d'altitude).

(1) Voir la note (1) page 66.

A. Espèces dominantes.

1° *Arbres et arbustes.*

Pinus sylvestris L.
Abies excelsa DC.
Betula glutinosa Wallr.
* — verrucosa Ehrh.
Salix aurita L.
Salix glauca L.
— *Lapponun* L.
— *phylicœfolia* L.
S. myrtilloides Loiss.

2° *Arbrisseaux et plantes herbacées.*

Calluna vulgaris Salisb.
Empetrum nigrum L.
Vaccinium Myrtillus L.
— *vitis Idœa* L.
— *uliginosum* L.
Arctostaphylos uva-ursi Wimm et Grab.
Aira flexuosa L.
— cæspitosa L.
* Cornus suecica L.
Aconitum Lycoctonum L.
Geranium sylvaticum L.
Trollius Europæus L.
Equisetum sylvaticum L.
Stellaria graminea L.
Calamagrostis epigeios Roth
* — phragmitoides Hn.
— neglecta Fr.
— *Halleriana* DC.
Euphrasia officinalis L.
Antennaria dioica Gœrtn.
Spiræa Ulmaria L.
Epilobium spicatum Lam.
Comarum palustre L.
Alchimilla vulgaris L.
Poa nemoralis L.
Campanula rotundifolia L.
Achillea Millefolium L.

Les Muscinées qui dominent dans cette région sont les mousses des formes *Hypnum*, *Mnium* et *Polytrichum*. Quand la forêt devient marécageuse, les *Sphagnum* y remplacent les mousses. Les Lichens appartiennent surtout à la forme *Peltigera*.

B. Espèces abondantes, mais contribuant peu à donner à la forêt sa physionomie particulière.

1° *Arbres et arbustes.*

Juniperus communis L.
Alnus incana DC.
Salix nigricans Sm.
Sorbus aucuparia L.
Cerasus Padus L.
Populus Tremula L.

2° *Arbrisseaux et plantes herbacées.*

* Ledum palustre L.
Andromeda polifolia L.
Trientalis Europæa L.
Bartsia alpina L.
Melica nutans L.
Comarum palustre L.
Leontodon autumnalis L.
Rubus saxatilis L.
Solidago Virga-aurea L.
Rhinanthus major Koch.
* Galium boreale L.
Melampyrum pratense L.
Lycopodium clavatum L.
— complanatum DC.
— *annotinum* L.
— *alpinum* L.
Potentilla Tormentilla Nestl.
* Rubus arcticus L.
* — Chamæmorus L.
Polygonum viviparum L.
Pyrola rotundifolia L.
— secunda L.
* Struthiopteris germanica Willd.
Epilobium montanum L.
Viola canina L.
Mayanthemum bifolium DC.
Pteris aquilina L.
Polypodium Phegopteris L.
— Dryopteris L.
Linnæa borealis L.
Geum rivale L.
— urbanum L.
Phleum pratense L.
Nardus stricta L.
Aspidium Filix-femina Sw.
Cirsium heterophyllum All.
Sonchus oleraceus L.
Thalictrum alpinum L.
Hieracium pilosella L.
Angelica sylvestris L.
Selaginella spinulosa A. Br.
Agrostis vulgaris With.
Hypochœris maculata L.
Gnaphalium sylvaticum L.
Hieracium umbellatum L
Milium effusum L.
Ajuga pyramidalis L.
Ranunculus acris L.
— repens L.
Astragalus alpinus L.
Viola sylvatica Fr.
Veronica officinalis L.
Artemisia vulgaris L.
Saussurea alpina Dc.
Chrysanthemum Leucanthemum L.
Lotus corniculatus L.
Rosa cinnamomea L.
Vicia sepium L.
Cracca major Frank.
Anemone Hepatica L.
Dianthus deltoides L.
Oxalis Acetosella L.
Polypodium spinulosum DC.
Luzula vernalis DC.

C. Espèces plus rares.

Arbrisseaux ou plantes herbacées.

Valeriana officinalis L.
Erigeron alpinus L.
Cirsium palustre Scop.
Convallaria majalis L.

Corallorhiza innata R. Br.
* Calypso borealis Salisb.
Pyrola uniflora L.
Paris quadrifolia L.
* Pinguicula villosa L (non Vill. nec Huds.)
Ribes rubrum L.
— alpinum L.
Goodyera repens R. Br.
Viscaria alpina Fr.
Mentha arvensis L.
Tanacetum vulgare L.
Mulgedium alpinum Less.
* Tofieldia borealis Wbg.
Pimpinella Saxifraga L.
Satyrium viride L.

II. FLORE DES FORÊTS DE LA RÉGION SUBALPINE.

Laponie de Piteå — (400-600 m. d'altitude).

A. Espèces dominantes.

1° *Arbres et arbustes.*

Betula glutinosa Wall.
Salix Lapponum L.
— Caprea L.
— *pentandra* L.
Betula nana L.
Salix nigricans Sm.
— *glauca* L.
— cinerea L.
Juniperus communis L.

2° *Arbrisseaux et végétaux herbacés.*

Vaccinium vitis Idæa L.
— Myrtillus L.
— *uliginosum* L.
Bartsia alpina L.
Angelica sylvestris L.
Aconitum Lycoctonum L.
Thalictrum alpinum L.
Geranium sylvaticum L.
Antennaria dioica L.
Trollius Europæus L.
Valeriana officinalis L.
Alchimilla vulgaris L.
Aira flexuosa L.
— cæspitosa L.
Mulgedium alpinum Less.
Poa alpina L.
Viscaria alpina Fr.
Calamagrostis epigeios Roth.
— *Halleriana* DC.
* — phragmitoides Hn.
Solidago Virga aurea L.
Saussurea alpina DC.
* Rubus Chamæmorus L.
— saxatilis L.
Campanula rotundifolia L.
* Cornus suecica L.
Astragalus alpinus L.
Polygonum viviparum L.
Saxifraga aizoides L.
Selaginella spinulosa A. Br.
Lycopodium alpinum L.
— *annotinum* L.
— clavatum L.
— Selago L.

Dans la région subalpine, les Muscinées qui dominent sont les *Polytrichum* ; la forme *Dicranum* (mousses à tiges peu ramifiées et serrées les unes contre les autres) devient plus abondante.

Les lichens de la forme *Cetraria* sont les plus communs.

B. Espèces abondantes.

1° *Arbres et arbustes.*

Pinus sylvestris L.
Abies excelsa DC.
(n'existent plus qu'à l'état d'individus isolés).
Alnus incana DC.
Cerasus Padus L.
Sorbus aucuparia L.

2° *Arbrisseaux ou végétaux herbacés.*

* Rubus arcticus L.
Leontodon autumnalis L.
Arctostaphylos alpina Spreng.
Euphrasia officinalis L.
Salix reticulata L,
Veronica alpina L.
* Galium boreale L.
* — trifidum L.
Viola montana L. (non DC.)
Gentiana amarella L. (non Vill.)
* Rubus Chamæmorus L.
Oxyria digyna Campd.
Dianthus deltoides L.
Oxalis Acetosella L.
Petasites frigida Desf.
Rhinanthus minor Ehrh.
Melampyrum pratense L.
Juncus biglumis Jacq.
— *triglumis* L.
Carum Carvi L.
Parnassia palustris L.
Circœa alpina L.
Viola biflora L.
Polemonium cæruleum L.
Polygonatum verticillatum All.

C. Espèces plus rares.

1° *Arbres ou arbustes.*

Daphne Mezereum L.

2° *Arbrisseaux ou végétaux herbacés.*

Rubus Idæus L.
Rubus castoreus
Fragaria vesca L.
Aspidium Lonchitis L.
Cystopteris montana Link
Saxifraga stellaris L.

Aspidium Filix-femina Sw.
Polystichum Filix-mas Roth.
Pteris aquilina L.
Polypodium Phegopteris L.
— Dryopteris L.
Rhodiola rosea L.
Saxifraga cæspitosa L.
— *adscendens* L.
Arabis alpina L.
Sibbaldia procumbens L.
Potentilla nivea L.

Il est à remarquer que toutes les fougères deviennent plus rares à mesure qu'on se rapproche de la région alpine, où on n'en trouve que quelques rares exemplaires.

III. FLORE DES PRAIRIES DE LA RÉGION ALPINE

Laponie de Piteå (600-1500 m.)

A Espèces dominantes.

1° *Arbres et arbustes.*

Salix hastata L.
— cinerea L.
* — Hartmanniana Ands.
— *glauca* L.
Salix Lapponum L.
— *Læstadiana* Hn.
— *myrtilloides* Lois.
— *myrsinites* L.

2° *Arbrisseaux et végétaux herbacés.*

* Betula nana L.
Vaccinium Myrtillus L.
— *vitis Idæa* L.
— *uliginosum* L.
Empetrum nigrum L.
Salix reticulata L.
— *herbacea* L.
Phleum alpinum L.
Bartsia alpina L.
Oxyria digyna Campd.
Polygonum viviparum L.
Antennaria dioica L.
Diapensia lapponica L.
Sibbaldia procumbens L.
* Rubus Chamæmorus L.
Hieracium alpinum L.
Silene acaulis L.
* Andromeda hypnoides L.
Aira flexuosa L.
* — *alpina* Liljb.
— cæspitosa L.
Arctostaphylos alpina Spreng.
Alchimilla alpina L.
Saussurea alpina DC.
Saxifraga aizoides L.
— *oppositifolia* L.
— *stellaris* L.
Eriophorum Scheuchzeri Hopp.
Dryas octopetala L.
Rhodiola rosea L.

Astragalus alpinus F.
Poa alpina L.
Trisetum subspicatum P. B.
Carex rigida Good.
— *atrata* L.

Les mousses de cette région appartiennent surtout à la forme *Dicranum* (tiges peu ramifiées et serrées étroitement les unes contre les autres).

Les Lichens sont surtout des *Cetraria* et *Cladonia* (Cetraria Islandica, nivalis, coccifera; Cladonia rangeferina et var.)

Le *Lecidea geographica* domine dans les régions supérieures, au niveau des neiges perpétuelles.

B. Espèces abondantes.

Arbrisseaux et végétaux herbacés.

Phyllodoce cœrulea Bab.
Juncus trifidus L.
Lycopodium Selago L.
— *alpinum* L.
Trientalis Europæa L.
Solidago Virga-aurea L.
Leontodon autumnalis L.
Equisetum variegatum Schleich.
— hyemale L.
* Epilobium alpinum Fr. (non L.)
Caltha palustris L.
Cirsium heterophyllum All.
* Veronica saxatilis L. (non Jacq.)
Circœa alpina L.
Erigeron alpinus L.
— uniflorus L.
Euphrasia officinalis L.
* Luzula arcuata Wbg var. hyperborea Blytt.
Parnassia palustris L.
* Tofieldia borealis Wbg.
Gentiana amarella L. (non Vill.)
— nivalis L.
Alsine stricta Wbg.
Azalea procumbens L.
Mayanthemum bifolium DC.
* Wahlbergella apetala Fr.
* Potentilla maculata Pourr.
Pyrola secunda L.
Taraxacum officinale Web.
* Pinguicula villosa L. (non Vill. nec Huds.)
Cardamine parviflora L.
— bellidifolia All.
Cornus suecica L.
Viola biflora L.
* Pedicularis lapponica L.
Equisetum sylvaticum L.
Ranunculus glacialis L.
Arctostaphylos uva-ursi Wimm. et Grab.
Petasites frigida Desf.
Trollius europœus L.
Geranium sylvaticum L.
Angelica sylvestris L.
Calluna vulgaris Salisb.

Saxifraga nivalis L.
— *cernua* Lap.
Selaginella spinulosa A. Br.
Draba nivalis Liljb.
Andromeda polyfolia L.
Arabis alpina L.
Viscaria alpina Fr
Menyanthes trifoliata L.
Comarum palustre L.
Juncus bufonius L.
Carex limosa L.
Cerastium trigynum Vill.
* Calamagrostis neglecta Ehrh.
Cardamine pratensis L.

C. Espèces plus rares

1° *Arbres et arbustes.*

Betula glutinosa Wallr.
Sorbus aucuparia L.
Juniperus communis L.
} quand ces espèces atteignent la région alpine, ce qui arrive rarement, elles ne dépassent pas de très faibles dimensions.

2° *Arbrisseaux et végétaux herbacés.*

Epilobium spicatum Lam.
* Chamæorchis alpina Rich.
Arabis alpina L.
Rumex Acetosa L.
Lycopodium clavatum L.
Lycopodium annotinum L.
— complanatum DC.
Ranunculus nivalis L.
Equisetum variegatum Schleich.
Aspidium Filix-femina Sw.

La comparaison des listes précédentes nous montre plusieurs faits importants, que je vais essayer de résumer le plus brièvement possible.

1° Il est impossible de n'être pas frappé de la prédominance des petits arbrisseaux à feuilles persistantes (*Calluna*, *Andromeda*, *Vaccinium*), dans les régions forestière et subalpine. Ils y forment partout le fond de la végétation ; dans beaucoup de localités ils occupent le sol à l'exclusion de presque tous les végétaux herbacés.

2° On voit aussi qu'il existe déjà un nombre notable de plantes alpines dans la région forestière (il en existerait vingt-deux d'après Andersson) ; mais, parmi ces plantes,

bien peu occupent une place très importante dans la flore forestière. Il est à remarquer pourtant que presque toutes y sont abondantes.

Au contraire, la plupart de ces plantes alpines deviennent dominantes au milieu des forêts de bouleaux qui constituent l'ensemble de la région subalpine. On reconnaît en outre que des plantes forestières s'élèvent dans la région subalpine de façon à lui donner en général une physionomie luxuriante qu'on ne trouve pas ordinairement en dehors de ces limites. C'est à la partie inférieure de cette région que se trouvent ces magnifiques prairies de *Calamagrostis*, d'*Aconitum*, de *Geranium*, de *Trollius*, d'*Angelica*, de *Mulgedium*, qui dépassent souvent la hauteur d'un homme (1).

Les plantes alpines, en descendant ainsi au milieu des plantes forestières, en diminuent seulement l'importance relative ; mais il faut noter que la gradation est presque insensible entre les différentes régions.

3° Il ressort de la comparaison des trois séries de listes précédentes, que l'altitude détermine des différences bien plus grandes entre les forêts qu'entre les marais. Ce fait est une nouvelle confirmation des résultats acquis autrefois par M. de Candolle, et exprimés par lui avec une remarquable netteté dans les pages qu'il consacre à l'aire d'extension des espèces.

4° On voit les espèces des marais reparaître en proportion notable dans la région alpine. Cela est dû incontestablement au voisinage des neiges, qui fondent pendant toute la durée de l'été, et donnent aux régions même les plus élevées les caractères des marais.

En exposant longuement les résultats de mes recherches

(1) J'ai cru remarquer que les Lapons forestiers sédentaires habitent exclusivement cette région. Si j'en juge par les nombreuses huttes abandonnées que j'ai rencontrées, c'est aussi à ce niveau que descendent au début de l'hiver la plupart des Lapons nomades qui passent l'été plus près des sommets.

dans deux sortes de stations naturelles, j'ai voulu seulement montrer qu'il y aurait un grand intérêt à suivre la méthode sur laquelle M. de Candolle insistait dès 1855 d'une façon toute particulière, comme pouvant avoir la meilleure influence sur les études de Géographie botanique.

Nous pourrions du reste résumer d'une façon fort concise l'ensemble des résultats obtenus, sous forme de tableau. M. de Candolle (1) s'est efforcé de le faire pour un grand nombre de régions, avec des données nécessairement fort incomplètes, au point de vue du rang qu'occupent les espèces, les genres et les familles, considérés d'après le nombre des individus. En classant les groupes quelconques, espèces, genres ou familles, par ordre d'importance, il ne faut pas perdre de vue que le nombre des individus de chaque espèce doit être considéré aussi bien que le nombre des espèces ; or les données précises nous font absolument défaut sur ce point.

Le savant botaniste de Genève a montré qu'ordinairement les espèces les plus communes appartiennent à des familles nombreuses en espèces dans le pays. Toutes mes observations confirment cette manière de voir ; je crois pourtant pouvoir en modifier ainsi l'énoncé : Les espèces les plus communes appartiennent à des familles qui, *relativement au nombre total des espèces qui les constituent*, en présentent un grand nombre dans le pays. Ce nouvel énoncé met en relief la grande importance de familles peu riches en espèces, comme les Empétrées, les Vaccimées, les Éricacées, si abondantes dans le pays dont nous nous occupons.

On a bien des fois calculé quelles sont les familles qui présentent en Laponie le plus grand nombre d'espèces. Les ouvrages de Wahlenberg, de Lœstadius, de Lund, d'Andersson renferment sur ce point des documents précis et concordants, bien qu'ils aient été recueillis dans les diffé-

(1) *Géographie botanique raisonnée*, t. II, p. 1163 et suiv.

rentes parties de la Laponie. Nous pouvons en conclure que la flore laponne est extrêmement uniforme.

D'après ces différents ouvrages, les Cypéracées et les Graminées constitueraient à elles seules plus de vingt pour cent de la végétation totale ; les Caryophyllées, les Joncées viendraient ensuite, chacune de ces familles entrant pour 5 à 8 pour cent dans la constitution de la flore. La part qu'y prendraient les Éricacées et les Salicinées ne dépasserait pas 5 pour cent ; elles occuperaient le même rang que les Crucifères.

Ces chiffres seraient considérablement modifiés si, au lieu de ne tenir compte que du nombre des espèces, on accordait quelque importance au degré de vulgarité de ces espèces.

Après les Conifères, qui doivent être placées au premier rang, bien que ne présentant que deux espèces dominantes, le *Pinus sylvestris* et l'*Abies excelsa*, viendraient se ranger successivement les Cypéracées, les Graminées, les Éricacées (avec les Empétrées et les Vacciniées) les Salicinées, les Composées, les Amentacées, les Crucifères etc. J'ai trop insisté sur les différences que le degré de vulgarité introduit dans le groupement des diverses catégories relativement à leur richesse en espèces, pour avoir besoin d'y revenir.

Ces quelques réflexions montrent suffisamment, je pense, combien sont imcomplets les renseignements que peuvent nous fournir la plupart des herbiers et les explorations telles qu'on les conçoit malheureusement le plus souvent. Le plus grand nombre des personnes qui visitent un pays au point de vue botanique, se contentent de dresser l'inventaire le plus complet possible des espèces qu'elles y rencontrent ; mais on peut considérer aujourd'hui ce travail comme suffisamment achevé ; il n'y a plus à combler que des lacunes sans importance, et il est temps que les efforts de ceux qu'intéressent ces questions portent sur un objet en même temps plus nouveau et d'un intérêt plus général.

La publication de la *Géographie botanique raisonnée* de M. A. de Candolle en 1855 fut la réalisation la plus complète d'un programme très vaste, dont chaque point pourrait occuper la vie de plusieurs savants. Peut-être que, si cette grande œuvre n'a pas eu dès son apparition toute l'influence qu'on aurait dû en attendre, cela tient à ce qu'on ne connaisait alors les conditions climatériques que d'une façon très imparfaite. La météorologie a réalisé depuis de grands progrès. On peut approfondir aujourd'hui ce qu'on a cru peut-être trop difficile il y a un quart de siècle. Les efforts accomplis dans ce sens ne sauraient manquer de porter leurs fruits, et pourraient servir de base à des travaux d'ensemble dont l'exécution est aujourd'hui complètement impossible.

Ch. Flahault.

LA MÉTHODE D'OBSERVATION

DES FAITS SOCIAUX

Dans le numéro de la présente revue publié en juillet dernier, un des amis et collaborateurs assidus de M. Le Play a fait connaître, sous le titre *La Méthode d'observation et la question sociale en Occident*, les idées et les principes, dont s'est inspiré l'auteur des *Ouvriers européens*, lorsqu'il créa, à son propre usage, et pour la recherche des vérités sociales par l'observation des faits, une méthode scientifique aujourd'hui éprouvée par cinquante années de pratique. A la fin de son article, M. Focillon promettait de lui donner une suite ; d'exposer dans un deuxième compte rendu le cadre des *monographies de famille* et de faire connaître en troisième lieu les vérités ou lois sociales dont la démonstration s'est dégagée d'un demi-siècle d'observations poursuivies par cette méthode. Il s'agissait en un mot de décrire l'instrument de recherche et de signaler les résultats de sa mise en œuvre.

Cette promesse M. Focillon n'a pu la tenir et nous reprenons, à son défaut, la plume qu'il a dû abandonner. Nous nous efforcerons de remplir, auprès des lecteurs de la Revue, la tâche qu'il s'était imposée, tâche que ses longs

travaux avec M. Le Play, son expérience pratique de la méthode d'observation lui rendaient particulièrement facile. Nous conserverons la forme extérieure et le mode de division qu'il avait adoptés, afin de donner, aussi complètement que possible, la suite promise à son travail interrompu.

1. Il convient, en matière de science sociale, de prendre pour sujets d'observation les ouvriers.

« J'appelle *ouvriers*, dit M. Le Play, *les individus qui exécutent de leurs propres mains les opérations dont les produits pourvoient aux besoins usuels des sociétés* (1). » Cette définition n'est point ici une définition de mots ; c'est bien proprement ce que Pascal appelle une définition de choses; c'est l'énoncé d'un fait social. Dans toutes les sociétés les moyens essentiels de subsistance sont créés par des familles qui s'adonnent manuellement à des travaux variant selon la nature des lieux, selon les traditions de la race et selon le degré de complication des rapports sociaux.

Les populations les plus simples, disséminées sur de vastes territoires et chez lesquelles l'organisation sociale n'embrasse guère que les rapports de la vie privée, offrent à l'observateur des ouvriers dans toutes les familles. Là en effet chaque famille se suffit presque entièrement à elle-même et tire ses moyens d'existence du travail manuel de ses membres. Dans ce cas la description d'une famille est par cela même la description de la société ; car alors, selon l'expression de M. Le Play, « aux proportions près, la famille est l'image exacte de la société (2). » C'est parmi les populations plus condensées, à rapports sociaux multiples, chez lesquelles la vie publique s'est développée à côté de la vie privée ; c'est parmi celles-là que les travaux ma-

(1) *Les Ouvriers européens*, 2e édition, tome I, livre II. chap. VIII § 1.
(2) Le Play — *Les Ouvr. europ.*, loc. cit.

nuels se spécialisent. Les professions se sont dessinées, plus ou moins distinctes, dans les diverses manifestations de l'activité humaine. Les travaux manuels de telle ou telle nature sont devenus les métiers de tels ou tels individus.

En même temps les intérêts généraux, nés des rapports de chaque famille avec les familles voisines, ont exigé le concours de certaines aptitudes plus élevées, et ont fait surgir un certain nombre d'individualités bien douées, au milieu de celles qui demeurent attachées au travail manuel. La société présente alors à l'observateur deux sortes de familles. Les unes, toujours en minorité, comprennent, par exemple, des propriétaires fonciers, des capitalistes, des ingénieurs, des savants, des lettrés, des instituteurs, des agents chargés de fonctions publiques, etc. Les autres, toujours en grande majorité, ont pour chefs ou pour membres des agriculteurs, des forestiers, des pêcheurs, des mineurs, des fondeurs, des ouvriers de manufactures, des ouvriers constructeurs, des agents et employés de commerce ; en un mot des personnes qui exécutent de leurs mains les divers travaux nécessaires à l'existence de la société, et en tirent des ressources pour subsister elles-mêmes. Ce sont là les familles d'ouvriers; ce sont celles que l'observateur étudiera pour connaître le mécanisme de l'organisation sociale.

L'auteur de la méthode ne désigne pas ces familles au choix des observateurs seulement parce qu'elles constituent la majorité. Des raisons plus importantes justifient le précepte.

Les familles moins nombreuses qui participent à la gestion des intérêts généraux, soit en fournissant au travail les moyens, les occasions, les débouchés et la direction, soit en s'adonnant aux professions libérales, disposent de ressources plus abondantes qui leur permettent de conformer leur mode d'existence à leurs goûts personnels variés. Chacune de ces familles a donc des caractères propres, dans une certaine mesure indépendants du milieu social où elles vivent. Il n'en est pas de même des familles d'ouvriers.

Celles-ci, dans leur situation plus restreinte, sont beaucoup plus subordonnées aux conditions du climat, aux productions du pays. Elles conservent bien plus fidèlement les habitudes, les opinions et les croyances de leurs devanciers, qui constituent les caractères de la race et de la nationalité. Enfin leur existence est liée aux intérêts généraux que gèrent les classes supérieures, et est fondée sur le rôle utile et bienfaisant que celles-ci ont à jouer. Les rapports des ouvriers avec les maîtres qui les emploient sont, dans chaque société, le fondement de la situation des classes supérieures et le trait essentiel de la constitution sociale. C'est au foyer de l'ouvrier que se révèlent le mieux la nature de ces rapports et les causes de bien-être ou de malaise qui lui assurent le bonheur ou le jettent dans la souffrance.

Voilà pourquoi « l'organisation matérielle et morale de la population ouvrière et la nature de ses travaux fournissent réellement les traits caractéristiques de la constitution des sociétés (1). » Ceci explique la direction imprimée par la méthode de M. Le Play aux études d'économie sociale; l'ouvrier est l'objet habituel de la méthode.

2. La famille est la véritable unité sociale à décrire, et non l'individu.

L'auteur des *Ouvriers européens* a été promptement conduit, par l'expérience, à reconnaître que l'observation des individus ne peut, en science sociale, donner aucun résultat précis. Il est impossible de se décider quant au sexe et à l'âge, dans le choix que l'on en devra faire, et comme pour les comparer il faudrait les rapprocher par séries de même sexe et de même âge, on voit sans peine quelles difficultés naîtraient lorsqu'il faudrait tirer parti des observations

(1) Le Play — *Les Ouvr. europ.*, loc. cit.

recueillies. D'ailleurs l'individu n'est membre de la société que par ses liens avec d'autres individus. Parmi ces liens se présentent au premier rang ceux mêmes de la famille ; fils, époux, père, chef de maison, l'homme y apparaît avec son cortège social complet. Dans un même tableau se placent naturellement la femme, l'enfant, le vieillard, le parent, le serviteur rattachés au foyer commun ; là se révèlent sous leur véritable jour les charges et les buts de la vie domestique, les misères et les consolations de cette petite société naturelle sur laquelle repose la grande société, la nation. Celle-ci se compose, en effet, non pas d'individus isolés, mais de familles qui associent les individus par des rapports naturels. C'est la famille qu'il faut observer et décrire. C'est donc sur des familles d'ouvriers qu'a été modelée la méthode dont nous voulons donner une idée; et elle s'appelle la *méthode des monographies de famille.*

3. Les observations doivent être recueillies sur un plan partout identique et prendre une forme qui permette de les comparer rigoureusement.

Les familles d'ouvriers que l'on peut étudier dans les diverses contrées s'offrent à l'observateur sous des traits extérieurs assez différents. L'attention de celui qui veut les décrire n'est pas toujours excitée de la même manière. Comme d'ailleurs chacun, dans cette étude, apporte des préoccupations diverses, des goûts et des aptitudes variés, il résulterait, de tant de causes de dissemblance, des tableaux tout à fait disparates, tels qu'en offrent les diverses relations des voyageurs même les plus consciencieux et les plus perspicaces. La méthode a pour but de prévenir une pareille diversité, et de rendre les monographies de famille aussi complètes que possible, et absolument comparables entre elles. Elle leur assure ainsi la valeur de véritables documents scientifiques, tels que les analyses minu-

tieuses du chimiste ou les descriptions précises d'espèces que le naturaliste prend soin de rédiger.

Il faut que dans chaque monographie les mêmes détails de l'organisation et de l'existence de la famille se trouvent consignés dans le même ordre et sous des formes analogues. Il faut que l'observateur soit provoqué à les rechercher tous et à les inscrire dans des parties déterminées de son travail. L'auteur des *Ouvriers européens*, pour atteindre à ce degré de précision, a créé un cadre défini, toujours identique, que l'observateur doit remplir. Cette obligation le contraint à voir tous les faits et à s'en rendre compte. Il y a là, pour lui, un guide, et une garantie de la valeur de ses études.

Le cadre d'une monographie de famille n'a pas pu et ne devait pas être imaginé *à priori*. Il est né de l'observation même des faits et s'est perfectionné à mesure que de nouvelles descriptions de familles d'ouvriers révélaient des traits d'un ordre nouveau, et imposaient la nécessité de leur ménager une place dans le cadre général de ce genre de description. Aussi M. Le Play ne consacra pas moins de vingt-cinq années à créer le cadre type des monographies de famille. Durant les premières années de cette longue période, il le retoucha cent fois afin de le mieux accommoder à la diversité des faits ; puis il le trouva de mieux en mieux préparé pour la rédaction méthodique de ses observations et de celles que recueillaient quelques amis, initiés à ses travaux. Observateur rompu à la pratique des méthodes expérimentales, il ne songea pas un moment à composer et à perfectionner dans le silence du cabinet et par le seul effort de son esprit ce cadre aujourd'hui si bien arrêté; c'est en parcourant les ateliers parisiens ; c'est en exécutant chaque année, en France et dans les autres pays de l'Europe, des voyages consacrés à la fois aux études spéciales de sa profession d'ingénieur et à l'observation des faits sociaux. Enfin, pendant plusieurs années, le cadre de monographie, qu'il avait été conduit

progressivement à adopter, se prêta sans peine à la coordination et à la rédaction définitive des faits d'un grand nombre de descriptions de ce genre. Alors seulement il se crut autorisé à le considérer comme suffisamment éprouvé, et à le proposer comme un guide fidèle, comme un programme complet, aux observateurs désireux de traiter les problèmes d'économie sociale par des procédés vraiment scientifiques. Depuis l'époque où une publication célèbre fit connaître cette partie essentielle de ses observations de faits sociaux, vingt nouvelles années se sont écoulées. De nombreuses monographies de familles d'ouvriers ont été rédigées suivant ce même cadre par bien des observateurs. Aucune modification de quelque importance n'a été trouvée nécessaire. C'est ce cadre définitif que nous nous proposons de faire connaître dans les paragraphes suivants.

5. Les garanties d'exactitude sont fournies par le cadre même de la monographie qui exige l'établissement d'un double budget domestique, rigoureusement balancé.

Qu'il nous soit permis, sur ce point essentiel de notre sujet, de laisser la parole à l'auteur lui-même de la méthode. « Comme on peut le constater, dit-il, en étudiant les monographies publiées dans les *Ouvriers européens*, tous les actes qui constituent l'existence d'une famille d'ouvriers aboutissent, plus ou moins immédiatement, à une recette ou à une dépense. Or il est dans la nature des choses que la recette d'une famille, évaluée en argent, soit rigoureusement égale aux évaluations réunies de la dépense et de l'épargne. Il résulte de là qu'un observateur possède la connaissance complète d'une famille, lorsque, ayant analysé tous les éléments compris dans les deux parties du *budget domestique*, il arrive à une correspondance exacte entre les deux totaux.

» Ce principe de la méthode semble, au premier aperçu, réduire la science sociale à l'étude des éléments matériels

de la vie humaine. En réalité il conduit, par la voie la plus directe, au résultat opposé. Le rapprochement des budgets domestiques jette souvent sur cette vérité une évidence saisissante. Souvent, en cette matière, un seul chiffre dit plus qu'un long discours. Ainsi, par exemple, on ne peut conserver aucun doute sur la dégradation du débardeur de la banlieue de Paris, quand on a appris, par la lecture de son budget, qu'il dépense annuellement 185 francs, soit 12 pour 100 de sa recette, pour s'enivrer au cabaret, tandis qu'il ne consacre pas un centime à l'éducation morale de ses cinq enfants âgés de 4 à 14 ans (1). »

L'établissement du *budget des recettes* et du *budget des dépenses* constitue un travail de comptabilité qui introduit une précision mathématique dans l'analyse et l'évaluation des ressources et du mode d'existence de la famille. C'est là ce qui impose à l'observateur une véritable rigueur scientifique. La balance des deux budgets est un contrôle décisif. Enfin aucune appréciation de l'observateur sur l'état physique ou moral de la famille ne peut demeurer vague ou se produire contrairement à la vérité; car les faits d'où ressortirait cette appréciation sont, en quelque sorte, mesurés par quelque recette ou surtout par quelque dépense inscrite à l'un des budgets. Ce travail de comptabilité, dont les éléments sont récoltés au sein de la famille que l'on observe, est donc la base de la monographie. Il la constitue en réalité à lui seul ; mais sous une forme purement numérique, qu'il est bon de compléter par le commentaire d'un texte explicatif.

6. Les trois parties d'une monographie de famille.

Le cadre d'une monographie de famille aura donc pour partie essentielle le *double budget des recettes et des dépenses annuelles* de la famille.

(1) Le Play — *Les Ouvr. europ.*, 2e édition, tome 1er, ch. IX, § 3.

Mais le lecteur désirera compléter ce document. Il sera curieux de connaître en détail : 1° La nature du type qui a été observé et sa place dans la société à laquelle il appartient; 2° les lieux où vit la famille, les membres dont elle se compose, leurs moyens et leur mode d'existence, les événements antérieurs qui ont marqué leur vie et les conjectures que l'on peut faire sur l'avenir heureux ou malheureux qui l'attend ; 3° les caractères essentiels de l'organisation sociale à laquelle la famille se rattache, les faits spéciaux concernant les mœurs, les coutumes locales, les méthodes de travail qui la distinguent; même, bien souvent, certaines conclusions utiles qui ressortent de l'étude poursuivie pour rédiger la monographie.

Ces trois ordres de renseignements sont fournis : 1° par le *Titre de la monographie* ; 2° par des *Observations préliminaires*, placées, immédiatement après le titre, avant le double budget, et divisées en treize paragraphes dont des titres arrêtés tracent le programme uniforme ; 3° par des notes complémentaires insérées à la suite du double budget sous le titre général *Faits importants d'organisation sociale; particularités remarquables ; appréciations générales ; conclusions.*

En résumé le cadre de la Monographie de famille comprend donc, sous un *Titre* qui caractérise le type décrit, trois parties ou grandes divisions :

1° les *Observations préliminaires* définissant la condition des divers membres de la famille ;

2° le *Budget des recettes* et le *Budget des dépenses* avec les *Comptes annexés aux budgets* pour en justifier et en expliquer les chiffres ;

3° les *Faits importants d'organisation sociale ; particularités remarquables; appréciations générales ; conclusions*, où l'auteur rattache à la description méthodique de la famille tout ce que son étude lui a révélé de remarquable, les idées qu'elle a fait naître, les vues qu'il tient à développer. Cette dernière partie du cadre compense, par son

élasticité, la contrainte qu'impose à l'auteur du travail le programme invariable des deux premières. C'est là que la personnalité de l'observateur peut se révéler sans entraves.

7. Le titre de la monographie de famille définit l'unité sociale dont il annonce la description.

Ce n'est pas sans une certaine surprise que l'on verra l'auteur des *Ouvriers européens* s'occuper si minutieusement de la rédaction du titre de la monographie. Mais ce titre est en réalité le début et la première partie de la description scientifique. C'est lui qui doit énoncer en termes concis et nets : la *profession* de l'ouvrier, sa *nationalité*, sa *condition sociale* et le genre d'*engagement* qu'il contracte lorsqu'il se procure ses moyens de travail à l'aide d'un maître qui l'emploie. Pour exprimer tout cela brièvement et avec netteté, l'auteur des *Ouvriers européens* a caractérisé par des dénominations spéciales les conditions qu'un ouvrier peut occuper dans la hiérarchie sociale. Il a de même choisi dans la langue usuelle des termes particuliers pour indiquer le régime d'engagements par lequel l'ouvrier est lié à son maître.

Toute cette nomenclature est l'expression des faits sociaux observés dans les diverses contrées de l'Europe. Elle fait partie de la science sociale, puisqu'elle distingue et caractérise par ses définitions les diverses situations des ouvriers dans la société, et les rapports qui les unissent aux maîtres pour le compte desquels travaillent la plupart d'entre eux.

C'est par l'observation comparative de beaucoup de familles d'ouvriers, que M. Le Play a pu discerner quels échelons ils peuvent occuper dans l'échelle des conditions sociales.

C'est en procédant de la même manière qu'il a distingué les divers genres de rapports par lesquels sont unis dans

les diverses organisations sociales les maîtres et les ouvriers. Ce trait caractéristique de l'état de paix et de prospérité, de discorde et de malaise est un des plus importants à mettre en relief dans le titre même qui commence la description du type de famille observé.

8. Classement des professions auxquelles peuvent se rattacher les divers ouvriers.

Les considérations qui peuvent conduire à un classement des professions dépendant des arts usuels, sont très variées. Mais le but des études entreprises par l'auteur l'a dirigé dans le choix du principe à adopter pour exécuter ce classement. Préoccupé de découvrir, par l'observation et l'expérience, les causes du bien-être ou du malaise des sociétés, il apprécie les professions au point de vue de l'influence qu'elles peuvent avoir sur ces deux situations sociales. « J'ai pris, dit-il, pour criterium de la supériorité, l'aptitude que montre chacun des arts usuels pour conserver l'ordre moral chez les familles qui l'exercent (1). » D'après ce principe, éminemment social, l'auteur classe comme il suit les divers groupes de professions se rattachant aux arts usuels : 1° les pasteurs, 2° les pêcheurs-côtiers ; 3° les forestiers et les gens de professions annexes ; 4° les mineurs et les fondeurs; 5° les agriculteurs; 6° les manufacturiers; 7° les commerçants. En tête sont placées les professsions qui disposent le mieux ceux qui les exercent à maintenir en eux-mêmes et dans leur famille, la tradition des bonnes mœurs. En dernier lieu sont mentionnées celles qui créent les chances les plus dangereuses pour l'observation de la loi morale. L'auteur, en exposant ce classement n'a pas manqué d'indiquer les raisons qui l'ont conduit à l'établir. A notre grand regret nous ne

(1) Le Play — *Les Ouvriers européens*, 2e édition, tome I, livre II, ch. IX, § 6.

pouvons leur donner place dans cet article sans dépasser les limites auxquelles il nous faut le restreindre (1). Mais du moins nous faisons connaître le classement lui-même. Dès qu'il le connaîtra le lecteur trouvera sans peine, dès les premiers mots du titre, dans la monographie d'une famille d'ouvriers, une indication précise du rôle qu'elle joue au point de vue social dans la race dont elle fait partie.

9. Les six conditions que peuvent occuper les ouvriers dans la hiérarchie sociale.

Nous résumons d'abord dans un tableau synoptique les faits caractérisés et dénommés par l'auteur des *Ouvriers européens* au sujet de la condition sociale des ouvriers.

Tableau des situations principales que *les ouvriers peuvent occuper successivement dans la société dont ils font partie*, pour s'élever des rangs inférieurs de la hiérarchie industrielle à la condition de *propriétaires* ou de *chefs d'industrie*.

Ouvriers	faisant partie du ménage d'un patron				*ouvr.-domestiques*
	chefs de ménage	non-propriétaires	salariés et subventionnés	à la journée	*journaliers*
				à la tâche	*tâcherons*
			chefs d'industrie	exploitant des immeubles	*ouvriers-tenanciers*,
				exploitant un métier	*ouvriers chefs de métier*
		propriétaires	travaillant principalement comme ouvriers domestiques, salariés, subventionnés ou chefs d'industrie — ou bien ayant pour principal travail l'exploitation de leur propriété par leurs propres mains		*ouvr.-propriétaires*

Voilà donc six dénominations parmi lesquelles l'observateur qui rédige une monographie devra choisir, pour l'introduire dans le *Titre*, celle qui exprime la situation de la

(1) Voir Le Play — *Les Ouvriers européens*, 2me édition, tome I, livre I, ch. IV, §§ 3 à 10.

famille qu'il décrit. Il est ainsi contraint de voir exactement et de discerner l'un des traits essentiels du type qu'il étudie.

M. Le Play a commenté lui-même le tableau ci-dessus dans quelques pages de son œuvre que nous devons citer ici ; ce sont de précieux résultats de ses longues observations sur les diverses catégories d'ouvriers dans les diverses contrées de l'Europe. On ne saurait les analyser ou les résumer. Le style concis et plein de l'auteur est déjà un résumé énergiquement condensé des faits si nombreux et des idées multiples qu'il doit à un demi-siècle d'études pratiques.

« Les ouvriers attachés à une profession, dit M. Le Play dans ses *Ouvriers européens*, n'y atteignent pas tous le même niveau. En s'élevant progressivement de la situation inférieure à celle qui indique le plus haut degré d'aisance et de vertu, ils peuvent occuper six conditions qui se succèdent généralement dans l'ordre que je vais indiquer. Les nuances spéciales à chaque échelon varient dans les diverses régions de l'Europe ; je décris ci-après celles qui sont les plus habituelles en Occident.

» Les *ouvriers-domestiques* ont rarement un ménage en propre : ils sont célibataires et attachés au ménage de leur maître. Ils sont rétribués par des combinaisons fort différentes : en partie par un salaire ; en partie et surtout par des subventions qui pourvoient aux besoins essentiels. Dans les sociétés à mœurs simples, le domestique a une situation modeste, mais assurée et conforme à ses sentiments intimes..... Dans les sociétés compliquées de l'Occident, le domestique, quoique rétribué par un salaire relativement élevé, est rarement satisfait de sa situation et se montre enclin à la changer.

» Les *ouvriers-journaliers* sont chefs de ménage, et, dans les sociétés simples de l'Orient et du Nord, ils sont toujours établis dans une habitation qui leur est propre. Dans l'Occident, ils sont de plus en plus réduits à la situa-

tion anormale qui est, dans cette région, l'une des principales causes d'antagonisme social et d'instabilité : ils doivent se contenter d'habitations fournies par des propriétaires rentiers, qui tirent de la location de ces immeubles leurs moyens d'existence. Les journaliers travaillent exclusivement pour le compte d'un patron ou de plusieurs maitres. Ils sont rétribués en partie par des subventions organisées selon les besoins de leurs familles, en partie et surtout par un salaire en argent, proportionnel au nombre des journées de travail fournies par l'ouvrier.

» Les *ouvriers-tâcherons* sont chefs de ménage et travaillent exclusivement pour le compte d'autrui, comme le font les journaliers. Ils s'élèvent toutefois au-dessus de ces derniers par deux traits importants. Ils contractent avec le maitre une association utile aux deux parties : ils s'engagent à exécuter loyalement une quantité donnée de travail moyennant un prix convenu ; par l'énergie de leurs bras et l'application constante de leur esprit, ils diminuent la dépense du maitre et augmentent le produit de leur travail journalier. Ils acquièrent en outre une indépendance légitime, en devenant libres de régler l'emploi de leur temps selon leurs propres convenances. Ils font ainsi un premier pas décisif vers la condition indépendante du chef de métier qui travaille à son propre compte.

» Les *ouvriers-tenanciers* font un pas de plus vers l'indépendance. Ils exploitent, à leur propre compte, un immeuble fourni, moyennant redevance, par un propriétaire appartenant à une autre classe de la société. La concession de cet immeuble est toujours la base d'une exploitation lucrative. Elle rapproche deux familles dans une association naturelle. La première est relativement riche. Elle possède, sur le territoire, des instruments de travail qu'elle ne peut tous exploiter. Souvent les familles de cette condition renoncent à l'exploitation pour vivre uniquement des ressources fournies par les redevances : elles recherchent les honneurs qu'assurent aux grands propriétaires, chez les

fortes races, le patronage traditionnel des tenanciers et le service gratuit des intérêts publics. La seconde est une famille dépourvue du capital nécessaire à une exploitation fructueuse, mais possédant les qualités morales, qui, sous le patronage du propriétaire, suffisent au succès..... Les tenanciers ne groupent pas, comme les ouvriers précédents, des familles de condition analogue : ils présentent une série complète de situations sociales qui s'élèvent, par degrés insensibles, entre les deux termes extrêmes de la classe ouvrière, savoir : le domestique qui a le droit de posséder une tête de bétail dans le troupeau du maître ; le chef de métier qui reçoit, à charge de redevance, un immeuble dont l'exploitation donne un emploi suffisant au travail de ses bras et à celui de tous les membres de sa famille. Tous les journaliers et les tâcherons de cette catégorie d'ouvriers *tiennent* au moins leur habitation. Celle-ci est accompagnée, dans les villes, d'un atelier ou d'une boutique ; elle est complétée, dans les campagnes, par des étables et diverses dépendances rurales. Ces tenanciers sont spécialement nommés *bordiers urbains* et *bordiers ruraux*.

» Les *ouvriers propriétaires* occupent toutes les situations qui correspondent à celles des ouvriers-tenanciers ; mais ils en diffèrent en ce qu'ils possèdent, en toute propriété, l'immeuble qu'ils occupent. Cette différence, même entre ceux qui occupent deux immeubles d'égale importance, implique la supériorité sociale du propriétaire sur le tenancier. Les monographies comparées des deux classes mettent en évidence cette supériorité en ce qui touche l'ordre matériel, la culture intellectuelle et les qualités morales. Le propriétaire n'a point à déduire une redevance des produits de son exploitation. Il a le discernement nécessaire pour ne point compromettre le succès par des fautes de jugement ; et, pour éviter cet écueil, il n'a pas besoin, comme le tenancier, de recourir au patronage d'un propriétaire. Enfin il résiste aux vices développés par les appétits sensuels et aux embûches tendues par les prêteurs d'argent.

Le contraste que je viens de signaler démontre qu'on ne saurait transformer tout à coup en propriétaires indépendants une race de tenanciers. Cette vérité est mise en évidence par le résultat des lois imprudentes qui ont été promulguées, depuis 1848, pour émanciper les tenanciers féodaux de la Russie, de la Hongrie et de l'Autriche. Certains tenanciers, qui vivaient heureux sous l'autorité de leurs anciens maitres, commencent à tomber sous la dure dépendance des cabaretiers et des usuriers.

» Les *ouvriers-chefs de métier*, soit tenanciers, soit propriétaires, se classent au-dessus des précédents. Ils se reconnaissent à un caractère qui met une forte empreinte sur toutes leurs habitudes : ils travaillent exclusivement pour leur propre compte. Telle est la situation du cloutier et du cordier, qui ont un atelier fixe ; tel est également le cas du forgeron, du maçon, du charpentier et des autres ouvriers du bâtiment, qui ont en dehors de leur atelier propre ou de leur habitation, une clientèle de voisinage. Ils s'élèvent jusqu'à la limite qui sépare les ouvriers des maîtres proprement dits, lorsque, travaillant encore de leurs propres mains, mais perdant complètement le caractère de journaliers et de tâcherons, ils ont pour auxiliaires les membres de leur famille, secondés au besoin par des domestiques. Les ouvriers-maîtres reçoivent deux noms spéciaux dans les deux arts les plus usuels de l'Occident : ils sont appelés *paysans* en agriculture et *artisans* dans l'industrie manufacturière des villes et des campagnes.

» Les particularités qui se rattachent à la condition des six catégories d'ouvriers forment un ensemble d'idées complexes. Cette complication nuirait à la simplicité et à la clarté des monographies, s'il fallait reproduire pour chacune d'elles les détails relatifs à l'ouvrier décrit. Il était donc utile de résumer ces particularités en six mots, et de peindre brièvement la condition de l'ouvrier par un de ces mots mentionné dans le titre. »

10. Les trois régimes du travail quant aux rapports entre maîtres et ouvriers.

L'auteur de la méthode distingue d'abord les races qu'il a observées en *peuples nomades* et *peuples sédentaires*. Les systèmes sociaux de ces deux catégories de races humaines sont parfaitement distincts. L'organisation sociale des *peuples nomades* est caractérisée par les faits suivants : les individus déplacent leurs habitations pour suivre les migrations périodiques des troupeaux ; ils sont souvent attachés à un patron (qui est un chef de famille, un chef de tribu etc.) par les conditions mêmes de leur existence ; ils sont toujours groupés en *communautés* (associations industrielles ou commerciales d'ouvriers exploitant en commun une propriété immobilière, un fonds ou une clientèle).

Le système des *peuples sédentaires* a pour trait fondamental la fixité de l'habitation ; il comporte toutes les combinaisons en ce qui concerne la recherche des moyens de travail et le mode d'exploitation des propriétés, des fonds ou des clientèles. Dans le système des nomades, comme dans le système des sédentaires, le travail est soumis à l'un des quatre régimes suivants : 1° l'ouvrier travaille à son propre compte, c'est le régime du *travail sans engagements*, car dans ce régime il n'est pas lié à un maître qui lui procure les moyens de travail ; 2° il travaille pour le compte d'un propriétaire foncier ou d'un chef d'industrie, en un mot d'une personne qui met à sa disposition les moyens de travail et que l'on désigne habituellement sous le nom de maître; les rapports qu'il entretient avec le maître sont réglés par un engagement ; on doit distinguer trois sortes d'engagements, caractérisant trois régimes du travail ; le régime des *engagements forcés*, celui des *engagements volontaires permanents* et celui des *engagements momentanés*.

Ces trois sortes d'engagements ont généralement régné

l'un après l'autre chez un même peuple, et leur succession caractérise les vicissitudes sociales d'une race.

Dans le régime des *engagements forcés* l'ouvrier est lié au maître, pour lequel il travaille, d'une façon indissoluble, comme celui-ci est contraint, par la coutume ou par une loi, à conserver l'ouvrier à son service, à lui donner un travail qui le fasse vivre, sans jamais pouvoir le congédier. L'une des formes de ce régime de travail a été et est encore en certaines contrées, le *lien féodal*, le *servage*, comme on dit souvent. Ailleurs c'est même ce que l'on désigne sous le nom plus odieux d'*esclavage*. Mais ces termes du langage courant éveillent trop de passions, de colères et de haines, pour être conservés dans le langage précis et toujours calme que les sciences doivent adopter. D'ailleurs aucun d'eux ne désigne d'une façon générale ce régime de travail sous toutes ses formes. L'auteur de la méthode les a remplacés par une expression qui met en relief le trait distinctif de ce système de rapports. « Les *engagements forcés*, dit-il, sont habituels dans les contrées où le sol disponible abonde, et ils régnaient encore sur l'orient de l'Europe pendant les vingt années où j'entretins avec cette région des rapports journaliers.... Sur les territoires où les familles éparses sont soumises au Décalogue et où les propriétaires résident en permanence, l'organisation qui satisfait le mieux le maître et l'ouvrier est celle qui établit entre eux des liens indissolubles. J'ai constaté cette disposition d'esprit chez l'ouvrier, même dans les localités de l'Oural, où les familles commençaient à s'agglomérer. La satisfaction des deux parties est plus marquée encore dans plusieurs steppes de l'Asie centrale, où les familles restent fort éparpillées sur le sol. Enfin des faits qui se sont produits dans l'Occident au moyen âge et de ceux qui se manifestent maintenant en Russie, on peut conclure que le maître est plus porté que l'ouvrier à rompre le lien féodal, lorsque le sol disponible fait défaut (1). » Il y a

(1) Le Play — *Les Ouvriers européens*, 2e édition, tome Ier, livre II, ch. IX, § 6.

là en peu de mots de précieuses indications sur un régime de travail extrêmement répandu dans toutes les parties du monde, et dont l'existence et la transformation successive occupent une place considérable dans l'histoire des diverses générations d'un même peuple.

Dans le régime des *engagements volontaires permanents*, le maître et l'ouvrier ne sont pas liés d'une façon durable l'un à l'autre par la contrainte de la coutume ou de la loi. Mais, de leur plein gré et sous l'empire d'un sentiment réciproque de satisfaction, ils demeurent unis d'une façon permanente. La coutume, qui ne les contraint pas, les porte à suivre ce système d'organisation du travail. L'opinion publique réserve son approbation pour ceux qui le mettent en pratique et se montre sévère pour ceux qui s'en écartent. « Les *engagements volontaires permanents*, dit encore M. Le Play, ont succédé au précédent régime dans les contrées du Nord et dans les oasis de l'Occident qui ont conservé la paix et la stabilité. Cependant, depuis 1830, ce second régime est lui-même remplacé de plus en plus par le troisième régime, celui des *engagements momentanés*. Cette dernière transformation s'opère dès que le respect de la loi morale est ébranlé par la corruption des idées et des mœurs. Les sentiments mutuels sur lesquels reposait la solidarité du maître et de l'ouvrier se brisent rapidement ; dès lors il ne leur est plus possible de fixer à l'amiable les conditions des salaires ou des redevances. Bientôt la rupture des anciens rapports devient inévitable. Comme d'ailleurs le contact des deux classes reste continuel et ne comporte pas l'indifférence, l'ancien état de paix est peu à peu remplacé par la discorde. Dans l'organisation du travail qui s'établit sous l'influence de ces nouveaux sentiments, la stabilité devient impossible, comme elle le serait dans la famille, si les contraintes du mariage ne remédiaient pas en partie à l'oubli du Décalogue (1). »

(1) Le Play, loc. cit.

En résumé, que l'on ait sous les yeux, en étudiant une famille d'ouvriers, le système social des *nomades* ou celui des *sédentaires*, le travail y est organisé suivant l'un des quatre systèmes ci-dessous, et le titre de la monographie doit indiquer lequel.

1° Système ou régime des engagements forcés ;
2° Système des engagements volontaires permanents ;
3° Système des engagements momentanés ;
4° Système du travail sans engagements.

II. Quelques titres de Monographies de familles d'ouvriers déjà publiées.

On trouve dans les *Ouvriers européens* 57 monographies de famille dont je citerai quelques titres pour achever de faire comprendre ce qui vient d'être dit.

La première de ces monographies porte le titre suivant :

BACHKIRS PASTEURS DEMI-NOMADES, *du versant asiatique de l'Oural (Russie-orientale)* — ouvriers chefs de métier et propriétaires dans le régime mixte des nomades et des peuples sédentaires.

Ce titre est déjà une petite description du type observé. Il s'agit d'une famille comprenant plusieurs ouvriers, car le titre est au pluriel. Ils sont de la race Bachkire, et la région où ils vivent est suffisamment désignée. Ils possèdent au moins leur habitation et en même temps ils exploitent pour eux-mêmes un métier. Enfin le système mixte d'organisation du travail comporte chez eux des migrations périodiques à la suite des troupeaux et l'exploitation d'une propriété immobilière sous le régime de la communauté, en même temps que la fixité de l'habitation pendant une partie de l'année et l'exploitation d'un métier déjà caractérisé par le mot *pasteur*, mais que les détails de la monographie feront complètement connaître.

Autre exemple. La deuxième monographie est intitulée :

PAYSANS ET CHARRONS (A CORVÉES), *des steppes de terre noire d'Orenbourg (Russie méridionale)* — Propriétaires-ouvriers et ouvriers chefs de métier, dans le système des engagements forcés.

Le même mode d'interprétation, fondé sur les définitions données plus haut, nous permet d'esquisser, d'après le titre, le type dont il est question. C'est une famille de Russes du versant méridional et européen de l'Oural (Orenbourg). Elle compte plusieurs ouvriers et possède des biens ruraux. Parmi ses membres les uns ont pour travail principal l'exploitation du bien rural; les autres, le métier de charron exploité pour le compte d'un patron ou pour une clientèle. Le régime féodal est en vigueur dans la société dont la famille fait partie, et parmi les redevances de l'ouvrier envers son seigneur figurent les corvées.

La cinquième monographie de famille insérée dans les *Ouvriers européens* a un titre compliqué :

PAYSANS, PORTEFAIX ET BATELIERS ÉMIGRANTS (A L'ABROK), *du bassin de l'Oka (Russie centrale)* — propriétaires-ouvriers, dans un système d'engagements forcés, touchant déjà de près au travail sans engagements. —(Les membres émigrants travaillant temporairement en qualité de journaliers ou de tâcherons, dans le système des engagements momentanés).

Le lecteur est informé que l'unité sociale, observée et décrite, est une famille nombreuse renfermant plusieurs membres adultes dont les uns travaillent, comme cultivateurs, à l'exploitation des biens ruraux; dont les autres émigrent périodiquement et vont exercer au loin les métiers de portefaix et de bateliers. Soumise aussi au régime féodal, cette famille ne fournit plus de corvées et a transformé toutes les redevances envers le seigneur, en une seule redevance en argent, qui est ce qu'on nomme l'*Abrok*. Enfin, pendant les périodes d'émigration, les membres qui pratiquent cette coutume changent de milieu social et trouvent, parmi les populations urbaines, le régime des engagements

momentanés, et se résignent temporairement à la condition de journaliers et de tâcherons, inférieure à celle de la famille au pays natal.

Ces commentaires indiquent quel sens il faut donner à d'autres titres de monographies de famille, tels que ceux-ci :

FORGERON BULGARE, *des usines à fer de Samakowa (Turquie centrale)* — journalier-propriétaire, dans le système des engagements forcés.

JOBAJJY OU PAYSANS (A CORVÉES), des plaines de *la Theiss (Hongrie centrale)* — propriétaires-ouvriers, dans un système d'engagements forcés, converti depuis 1848 en un système de travail sans engagements.

FONDEUR DES USINES A COBALT, *du Buskerud (Norvège méridionale)* — journalier, dans le système des engagements momentanés.

MINEUR DES CORPORATIONS DE MINES D'ARGENT ET DE PLOMB, *du Haut-Hartz (Hanovre)* — tâcheron et ouvrier-propriétaire, dans le système des engagements volontaires permanents.

ARMURIER *de la fabrique demi-rurale collective de Solingen (Westphalie)* — tâcheron, dans le système des engagements momentanés.

PÊCHEUR-COTIER MAITRE DE BARQUES, *de l'île de Marken (Hollande septentrionale — Néerlande)* — ouvrier chef de métier, dans le système du travail sans engagements.

COUTELIER *de la fabrique urbaine collective de Londres (Middlesex)* — tâcheron, dans le système des engagements momentanés.

MÉTAYER *de la Toscane* — ouvrier-tenancier, dans le système des engagements volontaires permanents.

BORDIER *dit* PEN-TY, *de la basse Bretagne* — ouvrier-journalier associé au patron, dans le système des engagements volontaires permanents.

PAYSAN-SAVONNIER, *de la basse Provence* — propriétaire et journalier, dans le système des engagements volontaires permanents.

PAYSANS A FAMILLE-SOUCHE, *du Lavedan (Béarn)* — propriétaires-ouvriers, à pâturages communaux, dans le système du travail sans engagements.

COMPAGNON-MENUISIER, *de (Vienne Autriche)* — ouvrier-tâcheron, dans le système des engagements momentanés.

COMPOSITEUR-TYPOGRAPHE, *de (Bruxelles Belgique)* — ouvrier-journalier, dans le système des engagements momentanés.

MAITRE-BLANCHISSEUR, *de Clichy (banlieue de Paris)* — ouvrier chef de métier et propriétaire, dans le système du travail sans engagements.

BORDIER-ÉMIGRANT, *du Laonnais* — ouvrier propriétaire et journalier, dans le système des engagements momentanés.

CHIFFONNIER, *de Paris*— ouvrier chef de métier, dans le système du travail sans engagements.

TAILLEUR D'HABITS, *de Paris* — ouvrier-tâcheron et chef de métier, dans le système des engagements momentanés.

DÉBARDEUR, *de Port-Marly (banlieue de Paris)*—ouvrier-journalier, dans le système des engagements momentanés.

En lisant ces diverses citations, chacun se fait, je pense, une idée sommaire du type que le titre désigne ; car ce titre est en résumé une définition succincte de la famille au point de vue social. Cette définition a pour termes, comme je l'ai énoncé ci-dessus :

1° la profession de l'ouvrier ou des ouvriers,

2° la population dont il fait partie,

3° la situation qu'il occupe dans la hiérarchie sociale où il est placé,

4° la nature de l'engagement que peut avoir contracté l'ouvrier pour se procurer des moyens de travail.

12. Le budget des Recettes de la famille, pour l'année.

Nous parlons immédiatement du double budget de la famille, bien que dans l'ordre de disposition des matières chaque monographie offre au lecteur, entre le *Titre* et les

Budgets, treize paragraphes d'*Observations préliminaires*. Mais ainsi que l'indique leur titre, celles-ci ne sont qu'une introduction aux budgets, comme les notes intitulées *Éléments divers de la constitution sociale* n'en sont que le complément. Le document scientifique de la monographie, c'est le double budget avec ses comptes annexés. Là se trouve véritablement l'analyse rigoureuse de la famille, la mesure exacte des différents faits de son existence et des données naturelles et sociales sur lesquelles cette existence repose.

Occupons-nous donc du cadre de chaque budget.

Cadre général du budget des Recettes. — Le budget des recettes fournit deux ordres de renseignements qu'il présente en regard les uns des autres, dans deux colonnes juxtaposées. La première colonne a pour titre *Sources des recettes ;* la seconde, *Recettes*. Les recettes, et les sources d'où elles proviennent, se rapportent à quatre genres de faits sociaux. Le budget des recettes est donc subdivisé en quatre sections qui se trouvent en correspondance dans les deux colonnes *Sources des recettes* et *Recettes*.

La 1re section a pour titres : *Propriétés possédées par la famille* et *Revenus des propriétés*. Voilà les sources, en regard est inscrit le produit.

La 2e section est intitulée, dans la colonne des sources de recettes : *Subventions reçues par la famille ;* dans l'autre colonne : *Produits des subventions*. Ce mot *Subventions* a besoin d'être défini et l'auteur n'y a pas manqué. Il a adopté ce mot pour dénommer un ordre de faits encore peu nettement signalés avant lui, et qui a une influence considérable dans l'existence de beaucoup de familles d'ouvriers. Voici comment est défini le terme adopté et comment sont caractérisés les faits qu'il désigne. L'auteur nomme *Subventions* des rétributions en objets, en usufruits de propriétés accordées *en proportion des besoins de l'ouvrier*, plutôt qu'*en proportion du travail accompli*. Les subventions sont ordinairement attribuées pour toute la durée des engagements, et *ne prennent point fin lorsque le travail est suspendu* par une

cause indépendante de l'ouvrier. Les *Subventions* sont des rétributions conçues à un tout autre point de vue que les *Salaires*. L'auteur des *Ouvriers européens* définit ceux-ci dans les termes suivants : *Salaires*, rétributions en argent ou en objets, accordées à l'ouvrier *en proportion du travail accompli*, et qui *prennent fin aussitôt que*, pour une cause quelconque, *le travail est suspendu*.

L'institution des subventions est fondée sur un juste souci des besoins de l'ouvrier ; elle tend à lui assurer la sécurité du pain quotidien indépendamment des vicissitudes du travail. Elle est une des conséquences des sentiments paternels que le maître nourrit pour l'ouvrier, dans beaucoup d'organisations sociales, sentiments paternels que le mot *patron* rappelle énergiquement dans notre langue. L'institution des salaires dérive de l'idée d'un simple échange de services temporaires entre le maître et l'ouvrier. Celui-ci demeure seul chargé de pourvoir aux besoins de la famille par une sage et prévoyante administration de la rétribution accordée pour les produits de son travail. Quant au maître, une fois le salaire payé, il peut se considérer comme ayant rempli toutes les conditions du marché. La portée sociale de ces deux modes de rétribution est tout à fait différente.

La 3e section du budget des recettes a pour titres : *Travaux exécutés par la famille* (colonne *Sources des recettes*), et *Salaires* (colonne *Recettes*).

La 4e section est mise sous les titres : *Industries entreprises par la famille* (*à son propre compte*) et *Bénéfices des industries*.

En résumé les grandes lignes du cadre du budget des recettes de la famille peuvent se représenter comme il suit:

BUDGET DES RECETTES DE L'ANNÉE

SOURCES DES RECETTES			RECETTES		
Section I			Section I		
Propriétés possédées par la famille	»	»	Revenus des propriétés	»	»
Section II			Section II		
Subventions reçues par la famille	»	»	Produits des subventions	»	»

Section III			Section III		
Travaux exécutés par la famille	»	»	Salaires	»	»
Section IV			Section IV		
Industries entreprises par la famille (à son propre compte)	»	»	Bénéfices des industries	»	»

Chacune des sections de ce cadre reçoit en sous-détails les mentions des sources diverses de recettes et des recettes correspondantes, et, en regard, les chiffres qui expriment les valeurs des unes et des autres.

Exemple d'une famille d'ouvriers urbains. — Citons comme exemple cette première section telle qu'elle se compose dans la monographie du COMPOSITEUR-TYPOGRAPHE, *de Bruxelles*, famille observée et décrite en l'année 1857 (de novembre 1856 à fin octobre 1857).

Dans la colonne des *Sources des recettes* sont inscrites 3 subdivisions ou articles :

Section I. Propriétés possédées par la famille.

Art. 1er. — Propriétés immobilières.

Art. 2. — Valeurs mobilières.

Art. 3. — Droits aux allocations de Sociétés d'assurances mutuelles.

A la colonne des Recettes figurent également en 3 articles les revenus correspondants.

La 2e section comprend aussi 3 articles.

Art. 1er. — Propriétés reçues en usufruit.

Art. 2. — Droits d'usage sur les propriétés voisines.

Art. 3. — Allocations d'objets et de services.

Voilà pour les Sources de recettes; les produits correspondants sont portés en regard à la colonne des Recettes.

Quand il s'agit d'un ouvrier urbain, comme le Compositeur-typographe de Bruxelles, ces deux premières sections du budget des recettes ne renferment habituellement que quelques chiffres très petits. Ainsi en faisant la somme de toutes les propriétés inscrites dans la 1re section, on a pour *valeur totale des propriétés*, 174 fr. 37, et en regard on lit, comme *totaux des revenus des propriétés* : 3 fr. 30, reçus sous la forme d'objets en nature, et 1 fr 55, reçus en argent. Cette recette annuelle donne la mesure du rôle restreint de la propriété dans les ressources d'un ouvrier de grande ville. En effet celui-ci ne possède aucune proprité immobilière, pas même son habitation; il a pour propriétés : le matériel de sa profession de compositeur et de correcteur d'imprimerie, qui vaut 66

fr. et dont l'intérêt annuel (à 5 0/0), constitue un revenu en nature de 3 fr. 30; une somme d'argent déposée à la caisse d'épargne, 51 fr. 71, rapportant (à 3 0/0) 1 fr. 55 Enfin il appartient à deux sociétés d'assurances mutuelles où sa part de propriété du fonds commun a dû être évaluée à 56 fr. 66.

C'est encore un trait de l'existence des familles d'ouvriers urbains que la minime importance des subventions. Leurs ressources proviennent surtout des salaires.

Ainsi dans la 2e section du budget des recettes du Compositeur-typographe de Bruxelles, on lit les mentions suivantes: Art. 1er. *Propriétés données en usufruit* (La famille ne reçoit aucune propriété en usufruit). — Art. 2 *Droits d'usage sur les propriétés voisines* (La famille ne jouit d'aucun droit de ce genre). — Art. 3 *Allocations d'objets et de services*: Allocations concernant les besoins moraux, et, en regard, à la colonne des recettes, sous le titre correspondant: Art.3 *Objets et services alloués:* Instruction gratuite donnée aux enfants dans l'école de la commune, 116 fr. — Fréquentation gratuite des cours de l'Académie des beaux-arts, par l'aîné des fils, 15 fr. On a donc pour *total des subventions*: 131 fr. reçus sous la forme de services en nature. Ce n'est pas là un trait particulier à l'ouvrier belge étudié dans cette monographie; sous ce rapport il est bien, on peut le dire, un type d'ouvrier urbain.

Mais tout change lorsqu'on porte les yeux sur la 3e section du budget des recettes. A la colonne des sources des recettes, sous la rubrique *Travaux exécutés par la famille*, se lit une longue émunération : Travaux de l'ouvrier compositeur-typographe exécutés à la journée au compte d'un chef d'industrie, 333 journées 1/3 de dix heures,et 23 journées 1/10 formées d'heures supplémentaires, à 4 fr. 50 la journée; soit pour l'année (à la colonne des recettes) un salaire de 1499 fr. 83 reçus en argent. (Rappelons que l'observation se rapporte à l'année 1857). — Travaux de la mère de famille (soins domestiques et travaux de ménage auxquels on ne peut attribuer aucune évaluation de salaire, — confection et réparation des vêtements et du linge de la famille, 50 journées de dix heures valant 1fr. 10, et blanchissage du linge et des vêtements, 43 journées à 1 fr.; salaire total reçu par la famille sous la forme de services en nature, 98 fr. — Travaux du fils aîné comme apprenti-commis au compte d'un chef d'industrie, 90 journées à 0 fr. 33 payés sous forme d'un traitement mensuel de 10 fr., salaire total 30 fr. reçus en argent (le fils aîné vient d'entrer depuis 3 mois dans cette petite place). — Totaux des journées des membres de la famille; le père de famille, 365,4; la mère 313 (il y a 220 journées de soins domestiques); le fils aîné 90. — Totaux des salaires: en nature 98 fr. en argent 1633 fr. 80.

La quatrième section du budget des recettes a généralement, chez les ouvriers salariés des villes, un développement restreint. Ils entreprennent peu d'industries à leur propre compte. Le Compositeur-typographe de Bruxelles ne fait pas exception sous ce rapport. On ne cite à la colonne des sources des recettes, comme industrie entreprise par lui que le travail de surveillance dont il est chargé pour le compte du chef d'industrie, dans l'atelier de composition où il travaille. Cela lui vaut un supplément de salaire de 0 fr. 50 par journée; on lit donc à la colonne des recettes, de ce chef, une somme en argent de 166 fr. 65 pour l'année. A cette petite entreprise il faut joindre des travaux de correction d'épreuves et de tenue d'écritures, dont le bénéfice est inscrit pour 61 fr. 55 reçus en argent pendant l'année 1856—57.

Selon l'usage figurent, dans cette 4me section, de petites industries entreprises par la mère au compte de la famille : confection et réparation des vêtements et du linge, bénéfice perçu en nature évalué à 70 fr. 50; blanchissage du linge et des vêtements, bénéfice en nature 58 fr. 25. — Totaux des bénéfices résultant des industries : en nature, 128 fr. 75 ; en argent, 228 fr. 20.

Le budget des recettes annuelles de la famille du Compositeur-typographe de Bruxelles, en 1857, se monte donc aux chiffres suivants :

Totaux des recettes de l'année :

en nature,	fr.	361,05
en argent,	»	1863,55

Exemple d'une famille d'ouvriers ruraux. — Nous empruntons cet exemple, donné à titre de comparaison avec le précédent, à la monographie des Paysans a famille-souche du Lavedan, famille de la vallée de Cauterets (Béarn—France), observée et décrite en 1856.

La première section du budget des Recettes pour l'année (Propriétés possédées par la famille. — Revenus des propriétés) nous donne : valeur totale des propriétés, fr. 32 117,50. — Totaux des revenus, 90,83 en nature ; fr. 969,84 en argent.

Bien que propriétaires assez aisés, ce sont cependant des ouvriers ; ils travaillent de leurs mains. Mais la famille possède, au milieu du principal domaine rural, une maison d'habitation qui vaut 1200 francs et représente un loyer annuel de 60 francs, revenu perçu en nature sous forme de service. A cette habitation se rattachent des immeubles ruraux champs, prairies, arbres épars, étables et écuries, jardin potager, porche-

rie, basse-cour, poulailler, d'une valeur de 26 000 francs, correspondant à un revenu annuel, de fr. 9,30 en nature et fr.794,70 en argent. Sur le domaine rural la famille entretient durant l'annnée des animaux domestiques (12 bêtes à cornes, 145 bêtes à laine, 1 jument, 1 chien de garde, 2 cochons, 6 poules, 12 ruches d'abeilles), valeur ensemble, fr. 3264,20; revenu annuel fr. 18,81 en nature, fr. 114,40 en argent.

Ajoutons à cela un matériel rural et d'industries domestiques évalué ensemble à fr. 669,30, donnant pour l'année un revenu en nature estimé à fr. 2,72 et un revenu en argent de fr. 30,45.

Enfin la famille possède une somme en argent de 184 francs dont l'intérêt en argent est de fr. 0,29 pour l'année.

Tels sont les éléments des revenus des propriétés dont les totaux sont donnés ci-dessus. Ces revenus représentent 22 pour 100 du total des recettes annuelles de la famille. Tandis que chez l'ouvrier urbain cité précédemment, les recettes de la première section ne montaient qu'à 1/5 pour 100 des recettes totales.

La deuxième section du budget des recettes des paysans du Lavedan mentionne d'assez nombreuses subventions. La famille ne reçoit aucune propriété en usufruit ; mais elle jouit de droits d'usage sur les produits forestiers ; sur les herbes, fruits, plantes potagères que produisent les communaux ; sur la chaleur naturelle des eaux thermales qui lui sert pour les usages domestiques et la dispense de consommer une certaine quantité de combustible. Le totaux des produits des subventions se sont élevés, pour l'année, à fr. 665,14 en nature et à fr. 4,20 en argent.

La troisième section du budget des recettes comprend, on se le rappelle, les *Travaux exécutés par la famille* et les *Salaires* qui en seraient la rétribution. Les paysans du Lavedan décrits dans cette monographie travaillent à leur compte. Leurs salaires sont évalués par la constatation du prix que prendrait un ouvrier du dehors pour exécuter le même travail. Les travaux de la famille concernent principalement l'exploitation agricole du domaine rural qu'elle possède ; tous ses membres, selon leur force et leur âge, y emploient leur activité et y consacrent uu temps considérable. Estimé en journées de dix heures, le temps employé se décompose comme il suit : 6 hommes, membres de la famille, donnent, par an, 1836 journées, qui, au taux fr. 0,50 chaque journée, produisent un salaire de 918 francs — 5 femmes donnent 932 journées à fr. 0,30 ; soit fr. 279,60 — 2 jeunes filles donnent 292 journées à fr. 0,20; soit fr. 58,40 — enfin 2 enfants, de 12 et 14 ans, donnent 97 journées à fr. 0,10 ; soit fr. 9,70.

Cet ensemble de travaux de culture du domaine produit donc une valeur, que le taux des salaires attribués dans le pays (en 1856) aux journaliers agricoles conduit à évaluer, en somme, à fr. 1265,70. Cette

valeur est acquise à la famille sous la forme d'objets de consommation pour ses membres ou pour les bestiaux. Parmi ses productions, la plupart sont consommées dans la famille et ne sont en réalité qu'une recette en nature ; une partie, qui provient de l'élevage des bestiaux, est vendue et fournit ainsi une recette en argent. Le budget fait donc, de la somme totale des salaires, deux parts : fr. 819, 70 figurent comme valeur des objets reçus en nature, 446 fr. comme recette en argent.

D'autres travaux sont encore exécutés par ces rudes ouvriers de la montagne :

Fabrication des fils et étoffes de lin.		
86 journées de femmes, à fr. 0,27 . . .	fr.	23,23
21 » de jeunes filles, à fr. 0,16 . . .	»	3,37
Fabrication des fils et étoffes de laine		
95 journées de femmes, à fr. 0,30 . . .	»	28,50
28 » de jeunes filles, à fr. 0,20. . .	»	5,60
Fabrication des sabots		
59 journées d'hommes, à fr. 0,227 . . .	»	13,39
Petites fabrications domestiques		
15 journées d'hommes, à fr. 0,50. . .		
10 » de femmes, à fr. 0,30 . .	»	12,90
12 » de jeunes filles, à fr. 0,20 . .		

(Cette dernière recette est en argent, car les produits de ces petites fabrications domestiques sont de petits ouvrages en bois sculptés au couteau et vendus ; ou bien ce sont des broderies du pays, des ouvrages de tricot, vendus pareillement aux voyageurs que les saisons d'eaux thermales amènent périodiquement à Cauterets).

Confection des vêtements et du linge de ménage		
6 journées d'hommes, à fr. 0,45 . .		
138 » de femmes, à fr. 0,45 . .	fr.	78,90
47 » de jeunes filles, à fr. 0,30. .		
Exploitation des subventions (droits d'usage sur les communaux, etc.)		
40 journées d'hommes, à fr. 0,50. . .		
16 » de femmes, à fr. 0,30 . .	fr.	27,30
3 » de jeunes filles, à fr. 0,20 . .		
19 » d'enfants, à 0,10 . . .		
Travaux exécutés à titre d'échange chez les voisins		
10 journées d'hommes, à 1 fr.	fr.	10,00
Travaux domestiques		
9 journées d'hommes	aucun salaire	
347 » de femmes	n'est attribué	
94 » de jeunes filles . . .	à ces travaux.	
Impôts : prestations en nature pour chemins		

18 journées d'hommes, à fr. 1,25 . . . . fr. 22,50

En résumé les salaires de la famille, pour l'année, produisent ensemble: Totaux des salaires de la famille : fr. 1032,49 en nature ; fr. 458,90 en argent.

La plupart des travaux auxquels la famille des Paysans du Lavedan consacre son activité ont le caractère d'*Industries entreprises par la famille* à son propre compte.

La quatrième section du budget des recettes est donc abondamment remplie. Les industries de cette famille d'ouvriers ruraux sont énumérées comme il suit :

1° Exploitation des champs, des prairies et des arbres épars — bénéfice pour l'année	fr.	296,89
2° Exploitation des bêtes à cornes, des bêtes à laine et de la jument — bénéfice	»	634-46
3° Exploitation du jardin potager — bénéfice . .	»	7,49
4° » de la basse-cour — bénéfice . .	»	16,42
5° » des abeilles — bénéfice . . .	»	13,91
6° Fabrication des fils et étoffes de lin — bénéfice .	»	0,00
7° » » de laine — bénéfice .	»	49,52
8° » des sabots — bénéfice . . .	»	0,00
9° Petites fabrications domestiques — bénéfice . .	»	3,86
10° Confection des vêtements et du linge de ménage — bénéfice	»	0,00
Totaux des bénéfices résultant des industries :		
En nature	»	80,47
En argent	»	942,08

Le budget des Recettes de la famille des Paysans du Lavedan, observée en 1856, fournit en définitive les résultats suivants : — Totaux des Recettes de l'année, fr. 4243,95 ; dont 1868,93 en nature et 2375,02 en argent.

Nous avons donné ces deux exemples comparativement pour mieux faire saisir, tel qu'il a été annoncé, un mérite essentiel de la méthode des monographies de famille. Chaque budget constitue le procédé d'analyse le plus précis que l'on puisse désirer. Ainsi, en ce qui concerne les recettes d'une année, sur laquelle porte l'observation recueillie, que de faits consigne et apprécie numériquement chacun des budgets dont nous avons ci-dessus donné les traits essentiels.

D'abord le cadre général définitivement adopté, d'après

une longue expérimentation, nous démontre que les ressources au moyen desquelles subsistent en tous pays les ouvriers, sont de quatre ordres distincts : des *propriétés immobilières* ou *mobilières* donnant des revenus sous forme d'objets en nature ou des revenus en argent ; des *subventions* procurant certains produits utiles et consistant surtout en droits d'usage sur des propriétés particulières ou communales; des *travaux* rémunérés par des *salaires* en nature ou en argent ; des *industries* entreprises par la famille à son propre compte et lui procurant certains *bénéfices* également en nature (en l'exemptant de dépenses qu'elle aurait à faire) ou en argent.

Les éléments numériques des recettes provenant des propriétés, des subventions et des travaux se trouvent dans le budget lui-même. Quant aux industries de la famille, les bénéfices qu'elles donnent sont établis dans des *Comptes annexés* au budget des recettes et les résultats seuls de ces comptes sont inscrits au budget lui-même. En opérant différemment, on aurait compliqué le budget des recettes de façon à rendre beaucoup moins nets les faits que ses chiffres sont destinés à révéler.

13. L'analyse des moyens d'existence des ouvriers, par l'établissement des budgets de recettes, conduit à la constatation de faits généraux.

L'étude des moyens d'existence des familles d'ouvriers par l'établissement du budget des Recettes pour une année met en lumière plusieurs faits économiques fort importants pour la science. Nous nous bornerons ici à le prouver par quelques exemples.

Le premier que nous signalerons concerne le véritable rôle des salaires dans la vie des ouvriers.

« Le cas le plus simple qui puisse se présenter pour les ouvriers chefs de ménage, dit M. Le Play, serait celui où la famille tout entière vivrait exclusivement du salaire ac-

cordé à son chef pour une seule sorte de travail, en proportion des journées fournies. Le budget des recettes ne comprendrait alors qu'un seul article. Pour l'établir, il suffirait de connaître, d'une part, la quantité de travail, c'est-à-dire le nombre des journées fournies par l'ouvrier et, de l'autre, la rétribution accordée pour chaque journée. Plusieurs écrivains, qui ont traité la question des salaires, semblent avoir admis implicitement que les populations européennes étaient composées de familles ainsi constituées. Ils ont été conduits à de graves erreurs. Cette organisation de la famille est fort rare, si toutefois elle existe ; et, pour ma part, je n'ai jamais réussi à la découvrir.

» Ordinairement les autres membres de la famille, la femme et les vieux parents faisant partie du ménage, se livrent eux-mêmes au travail et en tirent des rétributions qui concourent au bien-être commun. En outre les membres les plus actifs, le père, la mère et les adolescents, entreprennent habituellement, en dehors de leur profession spéciale, plusieurs sortes de travaux. Ainsi, par exemple, pour certaines familles décrites dans les *Ouvriers européens*, on compte une dizaine d'industries supplémentaires. On comprend que l'analyse du salaire attribué à ces industries introduise dans le budget des recettes une assez grande complication.

» D'un autre côté, je n'ai guère observé, en Europe, des familles vivant exclusivement du salaire attribué à leurs membres. On peut même regarder comme exceptionnels les cas dans lesquels la famille ne cumule pas, avec les salaires, des ressources dérivant des trois autres sortes de recettes qu'il a paru nécessaire de distinguer dans le budget des ouvriers européens, savoir : les revenus des propriétés, les produits des subventions et les bénéfices des industries domestiques. Ces dernières recettes deviennent souvent la principale source du bien-être de la famille. Il existe même, en Orient, des populations ouvrières dont la langue usuelle ne peut exprimer par aucun équivalent, le genre de

rétribution que le mot salaire exprime dans l'Occident.

» L'institution du salaire, poursuit M. Le Play, c'est-à-dire, de la rétribution proportionelle au travail accompli, ne peut naître, en effet, que sous le système moderne des engagements momentanés. Tant que la permanence des engagements forcés ou volontaires préside aux rapports du maître et de l'ouvrier, il est absolument indispensable que la jouissance du pain quotidien soit garantie à ce dernier. Sous ces deux systèmes, la rétribution, quelle qu'en soit la nature, est nécessairement proportionnelle aux besoins de la famille entière. C'est ainsi que s'expliquent les sentiments de stabilité et de paix qui régnaient sous l'ancien régime européen. La même nécessité n'est plus reconnue sous le régime moderne: la paix sociale est donc compromise (1).»

Ainsi la vieille organisation du travail qui réglait naguère en Europe les rapports du maître et de l'ouvrier; ce que M. Le Play appelle justement l'ancien régime européen, avait tenu compte de cette maxime chère aux socialistes modernes et que confirme ce résultat de l'observation: à chacun selon ses besoins, et non selon ses capacités! Elle assurait la sécurité de l'ouvrier, non pas par le système des *salaires*, mais par celui des *subventions*, c'est-à-dire, en mesurant les ressources attribuées à la famille, non pas à la quantité de travail fournie par l'ouvrier, mais à l'étendue de ses besoins légitimes. Ce témoignage de l'expérience mérite d'entrer en ligne de compte, lorsqu'on discute la question des salaires dans ses relations avec celle du paupérisme.

Un autre point curieux est mis en lumière par la série des budgets que renferme l'ouvrage des *Ouvriers européens*. Dans les mœurs actuelles de l'Europe occidentale les mots *ouvrier* et *propriétaire* semblent peu faits pour se trouver

(1) Le Play — *Les Ouvriers européens*, 2e édition, tome I, livre II, ch. X, § 1.

réunis. Lorsque l'observation s'étend sur un plus grand nombre de populations, elle enseigne qu'il n'en est pas ainsi par tout pays. M. Le Play donne dans son bel ouvrage cinquante-sept monographies de familles d'ouvriers classés comme il suit :

1° Région de l'Orient — cinq Russes, un Bulgare, un Hongrois, un Turc Syrien, un Maure marocain.

Tous les ouvriers de cette région possèdent leur habitation de famille, avec un jardin ; la plupart y joignent quelques immeubles ruraux.

2° Région du Nord — un Suédois, un Norvégien, deux Allemands (Saxe et Province rhénane), un Hollandais, quatre Anglais.

Parmi ces ouvriers du Nord, deux (Suédois et Hollandais) possèdent leur habitation ; les sept autres n'ont aucune propriété immobilière.

3° Région de l'Occident — trois Slaves, quatre Allemands (Saxe, Province rhénane, Bavière), un Autrichien, deux Suisses, un Italien, un Savoisien, deux Espagnols, un Belge, 24 Français.

Sur ces trente-neuf ouvriers d'Occident, treize seulement possèdent leur habitation, vingt-six n'ont aucune propriété immobilière.

En résumé, sur cinquante-sept familles décrites, vingt-quatre ont pour chefs des *ouvriers-propriétaires* possédant au moins leur maison d'habitation avec un jardin attenant; trente-trois familles ne possèdent ni terres, ni jardin, ni maison. Parmi les vingt-quatre familles d'ouvriers français, quinze seulement ne possèdent aucun immeuble.

« L'observation prouve que la propriété de l'habitation est celle que les ouvriers européens recherchent avec le plus d'ardeur. On voit des familles, pourvues d'une dose médiocre de tempérance, se soumettre, pour l'acquérir, à des privations qu'elles ne s'imposeraient pour aucun autre motif. C'est ordinairement par ce genre d'acquisition que débutent les ouvriers chez lesquels se développe le goût de la

propriété (1). » L'auteur signale ensuite la possession d'un jardin potager comme le but ordinaire des désirs de l'ouvrier qui a pu acquérir sa maison. Parmi les propriétés immobilières, la première place, par ordre d'importance, appartient aux animaux domestiques, et surtout, dans les contrées où elles existent, aux vaches laitières.

L'établissement méthodique de la première section du budget des recettes a conduit l'auteur à préciser d'une façon bien nette les divers caractères de la propriété en Europe. « Chaque constitution sociale, dit-il, se résume en grande partie dans les lois qui règlent la possession et l'usage des propriétés immobilières : le nom de propriétaire, donné à tous les possesseurs d'immeubles, n'implique donc pas, dans toutes les régions de l'Europe, la jouissance des mêmes droits. L'organisation même des nomades ne se lie guère à une propriété immobilière : les pâturages, alors même qu'ils sont exploités à titre exclusif par un groupe de familles, sont rarement subdivisés entre les divers chefs de ménage à titre de propriété personnelle. Ils en jouissent en communauté, comme les peuples sédentaires jouissent des biens dits communaux. Chez les paysans russes, les chefs de famille exercent, en général, tous les droits de propriété qui leur sont personnellement utiles. Dans la pratique, c'est l'intérêt des usagers, plus que le droit du seigneur propriétaire, qui établit les conditions de cette jouissance. Ordinairement l'appropriation du sol n'est fixée que pour un intervalle moyen de treize à quinze ans, après lequel la totalité du territoire est soumise à un nouveau partage. (Le lecteur voudra bien se souvenir que ce passage se rapporte à des observations recueillies en 1844 et en 1853.) Chez les populations adonnées à d'autres professions, et spécialement chez les exploitants des mines de l'Oural, la propriété des prairies se transmet de génération en génération dans la même famille; mais, nulle part, le paysan

(1) Le Play — *Les Ouvr. europ.*, 2e édit., tome II, ch. X, § 9.

n'est autorisé à donner hypothèque sur sa propriété, ni à la vendre à des personnes étrangères à la communauté dont il fait partie. Chez les Turcs, il existe quatre sortes de propriétés territoriales. Elles diffèrent beaucoup, dans les principes de leur constitution, de tous les autres régimes européens. Elles ont pour trait dominant d'être plus ou moins grevées, dans l'intérêt de divers services publics et surtout des catégories nombreuses de pauvres dits *nécessiteux*. En Hongrie et dans d'autres provinces de l'empire autrichien, les droits de propriété des classes ouvrières étaient encore, il y a quelques années, plus ou moins limités par le régime féodal. Là, comme dans les autres régions de l'Orient, les limites imposées au droit de propriété avaient surtout pour but de maintenir la solidarité entre les membres des communautés et entre les diverses classes de la société. Dans l'Occident, en France par exemple, les restrictions apportées au droit de propriété sont établies à un autre point de vue. Elles n'ont plus pour objet la sécurité de la classe ouvrière ou la conservation des traditions sous l'influence de certaines classes de la société : les unes, comme l'expropriation exercée par l'État, se fondent sur des considérations d'intérêt matériel; les autres, telles que certaines contraintes introduites dans le régime des successions, sont établies en vue de subordonner à des préoccupations temporaires de la politique les droits de l'autorité paternelle, c'est-à-dire, ceux que tous les peuples prospères s'accordent à considérer comme prépondérants (1). »

Nous ne pousserons pas plus loin ces citations. Il nous tarde de continuer l'exposition du cadre des monographies. Nous tenions seulement à prouver que, dans l'Économie sociale comme dans toutes les sciences d'observation, l'étude des faits particuliers mène à la connaissance des faits généraux. Or la méthode suivie par M. Le Play excelle à constater d'une façon exacte les faits particuliers. Elle four-

(1) Le Play — loc. cit.

nit donc une base solide pour la constatation des faits généraux.

14. Le budget des Dépenses de la famille, pour l'année.

Cadre général du budget des Dépenses. — Le budget des Dépenses de la famille est une énumération détaillée des motifs et des quotités de dépenses, classés en cinq sections. Ce classement, inspiré uniquement par une longue observation des faits, forme un tableau très bien ordonné du mode d'existence d'une famille d'ouvriers.

La première section comprend les *Dépenses concernant la nourriture.* — La deuxième section, les *Dépenses concernant l'habitation.* — La troisième section, les *Dépenses concernant les vêtements.* — La quatrième section, les *Dépenses concernant les besoins moraux, les récréations et le service de santé.* — La cinquième section, les *Dépenses concernant les industries, les dettes, les impôts et les assurances.*

Tel est le cadre fort simple et très naturel du budget des Dépenses.

Introduisons dans les grandes divisions qu'il présente, les subdivisions de chacune des cinq sections.

La première section, *Dépenses concernant la nourriture*, est subdivisée en deux articles :

Art. 1er. *Aliments consommés dans le ménage,*

Art. 2. *Aliments préparés et consommés hors du ménage.*

Les quatre autres sections ne sont pas subdivisées en articles ; elles comprennent seulement des sous-titres dont je vais donner le tableau avec ceux des deux articles de la première section. Voici l'ensemble du cadre du *budget des Dépenses.*

BUDGET DES DÉPENSES DE L'ANNÉE.

DÉSIGNATION DES DÉPENSES.

SECTION I.

Dépenses concernant la nourriture.

Art. 1er. — Aliments consommés dans le ménage :

Céréales (poids — prix de l'unité de poids — dépense	»	»	»
Corps gras (idem)	»	»	»
Laitages et œufs (idem)	»	»	»
Viandes et poissons (idem)	»	»	»
Légumes et fruits (idem)	»	»	»
Condiments et stimulants (idem).	»	»	»
Boissons fermentées (idem).	»	»	»
Art. 2. — Aliments préparés et consommés hors du ménage :	»	»	»

SECTION II.

Dépenses concernant l'habitation.

Logement	»	»	»
Mobilier.	»	»	»
Chauffage	»	»	»
Éclairage	»	»	»

SECTION III.

Dépenses concernant les vêtements.

Vêtements	»	»	»
Blanchissage	»	»	»

SECTION IV.

Dépenses concernant les besoins moraux, les récréations, et le service de santé.

Culte	»	»	»
Instruction des enfants	»	»	»
Secours et aumônes	»	»	»
Récréations et solennités	»	»	»
Service de santé.	»	»	»

SECTION V.

Dépenses concernant les industries, les dettes, les impôts et les assurances.

Dépenses concernant les industries . . .	»	»	»
Intérêt des dettes	»	»	»
Impôts	»	»	»
Assurances concourant à garantir le bien-être physique et moral de la famille	»	»	»
Épargne de l'année	»	»	»

Ce classement résulte, on s'en souvient, de plus de vingt années d'essais et de perfectionnements guidés par l'observation. Il représente donc, non pas une conception systématique de l'esprit, mais une véritable méthode d'analyse scientifique appliquée au mode d'existence des familles d'ouvriers.

Dans le paragraphe consacré au budget des recettes, nous avons donné, comme exemple, un aperçu des indications consignées dans le budget des recettes de deux familles d'ouvriers, l'une appartenant à une population urbaine; l'autre, à une population rurale; ce sont le *Compositeur-typographe de Bruxelles* et les *Paysans à famille-souche du Lavedan.* Nous emprunterons encore nos exemples à ces deux études, pour ce qui concerne le budget des Dépenses.

Exemple d'une famille d'ouvriers urbains. — Nous indiquerons ici les gros chiffres des dépenses de la première section (nourriture).

Les membres de la famille du *Compositeur-typoyraphe de Bruxelles* mangent habituellement tous ensemble, de sorte que la presque totalité des aliments est consommée dans le ménage. C'est seulement de loin en loin que la famille va, dans une promenade récréative, prendre un repas au cabaret. L'ouvrier seul y va quelquefois en d'autres temps boire un verre ou deux de bière. La famille comprend : l'ouvrier, sa femme, 4 enfants de 1 à 14 ans. Elle consomme, dans l'année, 836 kilog. de pain blanc au prix moyen de 0 fr.39 le kilogr., plus 17 kilogr. de petits pains au beurre ou de pains à potage revenant à 0 fr. 40 ou 0 fr. 50

le kilogr. La viande de bœuf et de veau et la viande de porc occupent une grande part dans l'alimentation; la première y figure pour 52 kilogr. (à 1 fr. 20) la seconde pour 56 kilogr. (à 1 fr. 20 également), la troisième pour 16 kilogr. (à 2 fr.) Cette partie du régime est complétée par 18 kilogr. de lapin (à 1 fr. le kilogr.) 6 kil. de volaille (à 1 fr.) et 26 kilogr. de poisson (à 0 fr. 80 en moyenne). Quant aux légumes, la famille consomme en un an 400 kilogr. de pommes de terre (à 0 fr. 10), 79 kilogr. de légumes verts à cuire (à 0 fr. 32 en moyenne), 41 kilogr. 5 de légumes racines (à 0 fr. 34), et 51 kilogr. de salades(à fr. 38); à cela il faut ajouter 196 kilogr. 4 de fruits divers, principalement des pommes (à 0 fr. 48 en moyenne). Le café,acheté en grains brûlés, additionné de chicorée, figure pour 29 kilogr. (à 2 fr.) La boisson habituelle est l'eau; la famille ne consomme que 25 kilogr. (à 0 fr. 24) de bière dite faro. Tous les aliments sont achetés; c'est donc une dépense en argent. — Total des dépenses concernant la nourriture, 1197 fr. 36.

La deuxième section (habitation) comporte une maison louée à 18 fr. par mois; une treille adossée au mur rapporte à la famille environ 5 kilogr. 5 de raisin qu'elle paierait 1 fr. le kilogr. C'est une petite déduction sur le loyer total pour l'année. — Total des dépenses concernant l habitation, 341 fr. 88 en argent.

L'achat, la confection, l'entretien, le blanchissage des vêtements de la famille sont inscrits dans la troisième section (vêtements). Ces divers articles occasionnent une dépense totale de 440 fr 75, partie en nature (travail de la mère de famille), partie en argent. — Totaux des dépenses concernant les vêtements, 226 fr. 75 en nature; 214 fr. en argent.

Dans la quatrième section (besoins moraux, récréations et service de santé) on lit, entre autres indications : Culte, locations accidentelles de chaises à l'église, 5 fr. 12 pour l'année. — Secours à des camarades, à leurs veuves ou à leurs orphelins, 8 fr. — Récréations : repas de fête ou repas de compagnonnage, spectacles, 49 fr. 50. — Tabac à fumer et cigares, 13 fr. 60 — Reliures de livres, 9 fr. 09 pour l'année— Totaux des dépenses de la quatrième section, 241 fr. 31; dont 131 fr. en nature et 110 fr 31 en argent.

La cinquième section (industries, dettes, impôts et assurances) ne comprend ici qu'une dépense en nature de 3 fr. 30; c'est l'intérêt annuel de la valeur du matériel de travail de l'ouvrier.

Quant à l'*Epargne de l'année*, on trouve au budget la mention suivante: La famille ne fait aucune épargne; tout ce qu'elle gagne est employé à accroître son bien-être.

En résumé le budget des Dépenses du *Compositeur-typographe de Bruxelles* balance celui des Recettes de cette famille. Il comporte une somme totale de 2224 fr. 50 ; dont 361 fr. 05 en nature et 1865 fr. 55 en argent.

Cette balance même est la garantie de l'exactitude des chiffres recueillis ; elle fournit le contrôle des recettes par les dépenses.

Exemple d'une famille d'ouvriers ruraux. — Au budget des Dépenses du Compositeur-typographe de Bruxelles, nous comparons, comme plus haut, le budget des Dépenses des *Paysans à famille-souche du Lavedan.* Là les dépenses en nature ont une plus large part. Là vient s'inscrire au budget, pour balancer celui des recettes, une somme assez importante sous la rubrique : *Épargne de l'année.*

La première Section du budget des Dépenses (dépenses concernant la nourriture) se rapporte à un personnel nombreux. La famille se compose de 15 personnes, plus un ouvrier auxiliaire pendant 35 jours de l'année. Le régime alimentaire consiste surtout en céréales très variées dont les grains sont réduits en farine et consommés sous la forme de pain de ménage (seigle et froment), de pain de qualité inférieure (orge, maïs, millet, sarrasin), de bouillie (maïs) ou de crêpes (maïs ou sarrasin). La consommation de la famille s'élève à 5860 kilogr. 8 de céréales (à 0 fr. 23 en moyenne). Après les céréales, il faut, par ordre d'importance, citer les légumes de toutes sortes, surtout les choux, les pommes de terre, les haricots et les poids. La famille consomme en une année 932 kilogr. de légumes (à 0 fr. 18 en moyenne) et 227 kilogr. de fruits divers (à 0 fr. 38 en moyenne). En troisième ligne viennent les laitages (lait, crême et fromages), 1344 kilogr., enfin la viande de porc, 124 kilogr. (à 1 fr. 46) donnant en outre, comme corps gras, 96 kilogr. de lard (à 2 fr.). Cette nombreuse famille ne consomme à peu près pas de café et seulement 50 kilogr. de vin du Gers (à 0 fr. 25 le litre), l'eau étant la boisson ordinaire. — La plus grande partie des aliments provient des produits mêmes de l'exploitation du domaine rural ; aussi les dépenses en nature figurent à raison de 59 pour 100, près des trois cinquièmes, dans les dépenses de nourriture. — Totaux des dépenses concernant la nourriture, 1297 fr. en nature ; 963 fr. 90 en argent.

La famille des *Paysans du Lavedan* loge sous son propre toit, se chauffe de son bois ou de celui de communaux. Aussi les dépenses de la deuxième Section, qui concernent l'habitation donnent pour totaux de l'année : 236 fr. 23 en nature : 57 fr. 03, en argent.

La troisième Section (dépenses concernant, les vêtements), offre les totaux suivants : 305 fr. 58 en nature ; 442 fr. 64 en argent.

Dans la quatrième Section (besoins moraux, récréations, service de

santé) ne sont inscrites que de modestes dépenses. Les frais du culte ont coûté en une année 37 fr. 57 ; l'instruction des enfants, 48 fr. 30 ; les récréations, 29 fr. 70 — Totaux des dépenses de la quatrième Section : 4 fr. 12, en nature ; 135 fr. 95, en argent.

Enfin la cinquième Section (industries, dettes, impôts et assurances) ne mentionne pour cette famille que 22 fr. 50 pour la valeur des prestations en nature concernant les chemins vicinaux, 38 fr. 85 d'impôt foncier, mobilier et des portes et fenêtres, et 4 fr. 50 de menues dépenses concernant les industries.— Totaux de la cinquième section : 26 fr. en nature ; 39 fr. 65, en argent.

Le budget des Dépenses pour l'année donne un total général de fr. 3508,30. En comparant à ce total celui du budget des Recettes, fr. 4243,95, qui a été donné dans un paragraphe précédent, on constate un excédant de recettes montant à fr. 735,65. Cette somme est employée, pour la plus grande partie, à payer, par acomptes, les dots des enfants récemment mariés et ayant quitté la maison paternelle. Le surplus est concédé, à titre individuel, aux divers membres de la famille. C'est en réalité une épargne, consacrée, selon les usages traditionels, à satisfaire deux besoins essentiels de l'organisation en famille-souche et de la vie en communauté. Ce sont là des traits d'économie sociale que nous allons mieux indiquer.

15. Exemples de faits généraux constatés par l'analyse méthodique du mode d'existence des familles d'ouvriers au moyen du budget des dépenses.

« Les paysans, nous dit M. Le Play, trouvaient dans l'ancienne constitution sociale beaucoup plus de facilités qu'ils n'en ont aujourd'hui pour donner un caractère stable à la petite propriété, et pour assurer la transmission intégrale des biens de famille. En effet, suivant la coutume du Lavedan, l'aîné des enfants (garçon ou fille), marié dans la maison paternelle, recevait, à titre de préciput et hors part, la moitié du bien patrimonial. Les autres enfants recevaient, en se mariant, une part de l'autre moitié ; mais ils n'avaient, dans aucun cas, le droit d'exiger le partage en nature. Une moitié environ de chaque génération gardait le célibat, formant près de l'héritier une communauté nombreuse, dans la condition où quatre membres de la

famille Mélouga (nom de la famille décrite) se trouvent encore aujourd'hui (l'auteur écrivait cela en 1856).

» Ces célibataires étaient autorisés à entretenir, à leur profit, dans le troupeau commun, un nombre d'animaux fixé de gré à gré avec le chef de la maison, à la charge pour eux de payer à la communauté ou d'acheter au dehors le foin que ces animaux consommaient dans la saison d'hiver. L'intérêt des célibataires s'identifiait, sur ce point, avec celui du reste de la famille ; car les animaux qu'ils possédaient en propre ne nuisaient pas sensiblement à ceux de la famille, à l'époque des pâturages d'été, tandis que la famille tirait grand avantage des fumiers que produisaient ces animaux dans la saison d'hiver. Ce genre de propriété se développait beaucoup, dans certaines familles, avec l'activité et l'esprit d'épargne des individus ; c'est ainsi que, dans la maison paternelle du chef actuel de communauté, Joseph Py, un oncle célibataire possédait une trentaine de vaches qu'il a léguées lors de son décès, selon la coutume locale, au chef de la maison Py. En raison des avantages accordés aux célibataires, la concorde et l'harmonie des caractères, ces données premières de la vie commune, se maintenaient aisément dans la famille ; elles étaient assurées d'ailleurs dans les conditions que la famille Mélouga a si bien conservées, par les bonnes mœurs, la religion, l'autorité paternelle et le testament (1).

» Quant aux jeunes gens qui sortaient de la maison paternelle, les uns restaient célibataires et étaient admis comme domestiques, dans les communautés où les bras faisaient défaut : ils y étaient traités, à tous égards, comme des membres de la famille, dans des conditions d'égalité dont la tradition s'est conservée jusqu'à ce jour. Ils étaient

(1) La famille Mélouga avait, en 1856, pour chef un membre de la famille Py; celui-ci, ayant épousé l'héritière de la maison Mélouga, a, dans le langage traditionnel du pays, perdu son nom de Py pour prendre celui de la communauté dont ce mariage l'appelait à être le chef,

autorisés, par exemple, à entretenir à leur profit jusqu'à quatre brebis dans le troupeau de la communauté. Les autres épousaient l'héritier ou l'héritière d'une autre maison, ou bien ils s'établissaient, comme bordiers, dans une petite maison munie de quelques dépendances agricoles, en qualité d'artisans, de bûcherons et de guides..... Les traditions conservées dans la commune de Cauterets apprennent que, sous l'influence de l'ancienne coutume du Lavedan, la famille Mélouga s'est maintenue sur son domaine, pendant quatre cents ans au moins, dans l'état de bien-être et de moralité que l'on constate aujourd'hui (1). »

Ces coutumes traditionnelles mettaient à la charge de la famille les dépenses résultant de l'établissement des fils ou filles sortant de la communauté, les frais d'éducation des enfants morts prématurément, l'entretien des vieux parents, les secours à donner aux proches qui ne réussissaient pas dans leurs entreprises personnelles, les pertes dues aux disettes, épizooties et autres calamités de tout genre. L'épargne concourt pour une large part à ces charges de la communauté.

Ainsi se révèle dans cette monographie, avec ses caractères habituels, un des faits sociaux les plus intéressants que M. Le Play ait discernés et décrits; c'est ce qu'il a nommé la *famille-souche*, régime qu'il définit en ces termes : « La famille-souche conserve près des parents l'un des enfants, marié et désigné comme héritier. Elle établit au dehors les autres rejetons de chaque génération, avec des dots formées par la totalité des produits de l'atelier de famille. »

Le second besoin, auquel répond l'épargne de l'année, concerne les conditions fondamentales du travail en communauté. « Le maintien de l'harmonie et des rapports affectueux entre les membres de la famille est la condition première de l'organisation sociale décrite dans la monographie des *Paysans à famille-souche du Lavedan*. La préoccupa-

(1) Le Play — *Les Ouvr. europ.*, 2e édition, tome IV, ch IX, § 18.

tion constante des chefs de la communauté est donc d'écarter, autant que possible, les causes de mésintelligence. Au nombre de ces causes, il faut placer, en première ligne, la difficulté qu'éprouveraient les membres de la famille à contenter les fantaisies qui, selon les usages locaux, peuvent être considérées comme une une sorte de droit individuel. L'expérience a depuis longtemps appris que la discorde ne tarderait pas à s'introduire dans une famille, si la bourse commune devait subvenir à l'acquisition des petits objets de luxe que les femmes, les filles et les jeunes garçons veulent introduire dans leur toilette, et aux menues dépenses que les hommes se plaisent à faire pour la consommation du café, les jours de marché, ou pour l'achat d'un couteau ou de tout autre objet possédé à titre individuel..... Les jeunes filles sont autorisées à employer une partie de leur temps, l'hiver à des travaux de broderie, de couture et de tricot, l'été à la cueillette des fleurs de tilieul, des fraises et des framboises ; puis à vendre à leur profit les produits de ces industries. Les garçons fabriquent au couteau, en gardant les troupeaux, de petits objets en bois, notamment des sabots de poupées et autres jouets d'enfants ; puis ils les vendent à des marchands qui centralisent ce genre de commerce (1). »

D'un emploi détaillé de l'épargne de l'année, fourni par l'auteur de la monographie, il résulte que cette épargne s'est répartie ainsi entre les deux affectations indiquées: 590 francs ont été consacrés à acquitter les dots constituées au profit des jeunes gens mariés; fr. 145-78 ont été prélevés à titre individuel, en faveur des hommes de la communauté (fr. 41,62), des femmes (fr. 28,84), du domestique (fr. 75,32).

La question de l'épargne est mise particulièrement en lumière par l'établissement du budget des dépenses des diverses familles d'ouvriers. L'épargne est l'indice d'une haute qualité morale, la prévoyance, qui impose un frein

(1) Le Play. — *Les Ouvr. europ*, 2 édit., tome IV, ch. IX, § 19.

salutaire aux appétits matériels, et qui accoutume la volonté à des triomphes journaliers sur les instincts irréfléchis. Elle est aussi le plus puissant moyen d'émancipation pour les ouvriers. Elle leur assure les ressources personnelles, capables de leur donner l'indépendance en les élevant progressivement dans la hiérarchie des situations sociales. La prévoyance n'est pas une vertu commune parmi les familles d'ouvriers, surtout dans les grandes agglomérations urbaines. Elle est le privilège naturel de quelques individualités d'élite qui, sans cesse préoccupés de gain et d'épargne, parviennent à la position de chefs de métier, d'ouvriers-propriétaires, et forment une transition de la classe ouvrière à la classe bourgeoise. Mais dans cette position nouvelle il faut à l'ouvrier parvenu des vertus nouvelles pour de nouveaux devoirs à pratiquer. En s'élevant au milieu de la société dont il fait partie, il est amené à exercer plus d'action sur ses semblables. Après avoir songé à lui et aux membres de sa famille pour parvenir, il faut qu'il se préoccupe maintenant des autres hommes qui, dans sa nouvelle situation, se trouvent placés sous son autorité. Il faut qu'il joigne à la prévoyance un large sentiment de solidarité et de patronage. S'il manque à ces nouveaux devoirs, l'ouvrier parvenu se laisse aller à l'avarice et à l'égoïsme, vices plus odieux, plus nuisibles à la paix sociale que l'intempérance et la débauche dont la prévoyance l'a préservé.

Il y a là une grande transformation à opérer sur soi-même par sa propre volonté et par un sentiment très élevé des devoirs sociaux. Bien peu d'hommes en sont capables. « On a souvent remarqué, dit M. Le Play, que les individus récemment affranchis de la dépendance imposée aux ouvriers par la nature même des choses sont plus durs pour leurs subordonnés que ceux qui, nés dans une situation plus élevée, ont appris dans la tradition de leur famille à pratiquer les devoirs de leur condition. Les constitutions sociales qui ont le mieux assuré le bonheur des peuples ont toutes été fondées sur la pratique de la religion; mais elles ont offert

deux nuances principales; et ce contraste persiste encore aujourd'hui. Les unes attribuent formellement la tutelle des populations à certaines familles chez lesquelles se transmet héréditairement, par la seule force des mœurs ou avec le concours des institutions, le sentiment de cette obligation. Les autres proscrivent, au contraire, tout classement héréditaire, et admettent, sans distinction d'origine, les individualités éminentes à franchir tous les degrés de la hiérarchie sociale: mais, en même temps, elles soumettent la société à une pression morale assez énergique pour que la notion des devoirs envers les classes inférieures se développe chez les individus à mesure qu'ils s'élèvent à un plus haut rang par la richesse, la science ou le pouvoir. Dans les premières sociétés, l'ordre se conserve par les sentiments d'honneur et de devoir, selon l'ancien adage: noblesse oblige. Dans les autres, il est maintenu par un supplément d'énergie apporté aux convictions religieuses.

«Les sociétés qui, à notre époque, concilient le mieux l'esprit de nouveauté avec l'esprit de tradition, maintiennent, sous la haute influence du sentiment religieux, la transmission héréditaire des devoirs du patronage et du dévouement à la patrie; en même temps elles appellent incessamment aux premiers rangs, sans distinction de classes, ceux qui se recommandent par le talent et la vertu..... La religion comprime les instincts grossiers chez les types inférieurs, en favorisant le développement de la prévoyance. Elle exerce sur les types plus distingués une influence encore plus féconde; elle leur communique, en effet, une ressource qu'ils ne trouveraient point en eux-mêmes, et elle leur assure les forces morales nécessaires pour résister à l'exagération de cette vertu (1). » Deux articles du budget des Dépenses ont donné lieu de constater si dans les familles étudiées le sentiment religieux marche de front avec celui de la prévoyance; l'un est inscrit dans la 4me section

(1) Le Play—*Les Ouvriers européens*, 2me édition, tome I, livre II, ch. IX, § 5.

sous le titre : Secours et aumônes ; l'autre se trouve à la fin du budget sous la rubrique : Épargne de l'année.

L'auteur des *Ouvriers européens*, d'accord en cela avec les amis qui se sont groupés autour de lui pour pratiquer sa méthode, a conclu de ses observations que la tendance de beaucoup de Français à attribuer une importance hors ligne à l'instruction donnée aux enfants dans les écoles, n'est pas justifiée complètement par l'examen des faits. Cette instruction scolaire n'a pas le privilège exclusif d'assurer aux populations le bien-être, le développement intellectuel et la moralité. Il existe en Europe des races où la famille, fortement constituée, élève ses enfants sous la seule influence d'une tradition respectée de tous, et où les chefs de maison formés de cette manière montrent de remarquables qualités d'esprit, une force inattendue d'attention, une mémoire d'une sûreté et d'une étendue surprenantes, une finesse extrême de jugement et de discernement, une aptitude merveilleuse à exercer sans peine un grand ascendant personnel. L'observation révèle néanmoins que, dans presque toutes les contrées de l'Europe, l'éducation traditionnelle est complétée par les éléments d'instruction religieuse que donne le clergé et par un enseignement primaire qui comprend la lecture, l'écriture, les notions usuelles de calcul, et, plus rarement, quelques connaissances de géographie, de sciences naturelles et de menus travaux usuels. Les études pratiques d'économie sociale ont donné lieu de constater que, dans les sociétés où domine l'esprit de tradition, les pères de famille manifestent une véritable appréhension des enseignements de l'école et les repoussent loin de leurs enfants. Ce fait généralement connu a été trop exclusivement expliqué par l'esprit de routine. Sans doute un attachement exagéré pour des traditions trop puissantes a sa part dans cette répugnance peu éclairée. Mais l'étude des faits révèle, d'autre part, avec évidence, que l'instruction primaire a, dans certaines contrées, imprimé aux esprits un ébranlement, momentané, sans doute, mais incontestable

et dont les pères de famille ont pu s'alarmer avec quelque raison. Ils ont parfaitement reconnu que le respect de l'autorité paternelle pouvait s'amoindrir chez des enfants qui rapportent au foyer de famille des connaissances que le père et la mère n'ont jamais possédées. Aussi ces préventions contre l'instruction primaire n'ont-elles pas été observées chez beaucoup de chefs de famille illettrés, mais justement convaincus que, dans leur race, l'autorité paternelle est suffisamment garantie par le sentiment religieux et par le respect des coutumes nationales.

L'observation des faits a jeté aussi une vive lumière sur certaines conditions du développement de l'instruction primaire parmi les classes ouvrières. Elle a montré que, pour atteindre ce but désirable, il ne suffit pas d'établir des écoles, ni même d'en rendre la fréquentation gratuite. Dans la plupart des familles d'ouvriers, comme le démontrent les budgets des monographies, les enfants ne mènent pas une existence oisive. Ils concourent, dans la mesure de leurs capacités et de leurs forces, à accroître les ressources de la famille.

Chez les ouvriers agricoles ils ont spécialement pour fonction de conduire les animaux domestiques au pâturage. Plus la famille est pauvre, plus elle tient à ce concours dans ses travaux. Il en résulte une tendance à retenir les enfants loin de l'école pendant la belle saison. « Pour assurer aux enfants placés dans cette condition le bienfait de l'instruction, sans enlever aux familles quelque moyen essentiel d'existence, il faut, dit M. Le Play, subordonner d'abord le régime des écoles à la condition actuelle des populations. Plus tard, en partant de cet état de choses et en suivant l'exemple donné par plusieurs états allemands, il restera à modifier avec prudence les habitudes de travail, et à les plier, sans souffrance pour les familles, à la nécessité désormais reconnue d'une propagation générale de l'éducation intellectuelle. Si cette réforme capitale est plus avancée en Allemagne qu'elle ne l'est en France, ce n'est

pas que cette nécessité sociale y soit mieux appréciée; mais l'organisation provinciale de l'Allemagne, qui place chaque gouvernement à proximité des faits, a toujours permis aux personnes chargées de diriger les écoles populaires d'approprier l'enseignement au régime économique des diverses localités. En France, où, depuis 1789, on procède par des lois générales applicables à l'ensemble du territoire, on n'a pas toujours tenu compte, dans la mesure convenable, des nécessités locales. Des résistances, fondées sur la nature des choses, ont donc, dans beaucoup de cas, frappé de stérilité les plus généreuses tendances du gouvernement (1). »

Enfin, sans pouvoir les exposer ici, nous nous bornerons à signaler encore comme résultat direct de cette étude comparative de la condition des ouvriers par la méthode d'observation fondée sur les budgets de recettes et de dépenses, des faits très précis et d'un grand intérêt concernant : les impôts directs et indirects dans leurs rapports avec le bien-être des familles d'ouvriers; l'institution de la loterie observée dans beaucoup de pays; la multiplication des cabarets et le rôle anormal que jouent les cabaretiers au milieu de certaines populations; les diverses institutions d'assurance mutuelle, etc.

16. Les deux textes qui complètent et commentent le double budget de la famille.

Le Titre général de la monographie une fois fixé et les deux Budgets de recettes et de dépenses annuelles une fois établis, se balançant l'un par l'autre, on peut dire que la famille est rigoureusement décrite et scientifiquement étudiée. Mais en récoltant les matériaux de cette analyse d'une unité sociale, que de faits et d'idées l'observateur a

(1) Le Play — *Les Ouvr. europ.*, loc. cit.

recueillis qui se représentent, mais ne s'exposent point *in extenso* par des chiffres seulement! Parmi ces documents précieux fournis par l'observation, les uns se rattachent à la description de la famille et du milieu où elle vit; ils sont classés et exposés dans le cadre fixe des *Observations préliminaires*, qui précèdent les deux budgets. Les autres concernent des particularités originales caractérisant la localité, la population, le genre d'industrie, le système d'organisation sociale; ils trouvent place dans quelques paragraphes de texte placés à la suite du double budget, sous le titre déjà cité : *Éléments divers de la Constitution sociale*, etc.

Nous allons exposer sommairement le cadre des *Observations préliminaires définissant la condition des divers membres de la famille.*

Ce texte, placé immédiatement après le *Titre* de la monographie, et avant le *budget des Recettes*, comprend treize paragraphes réunis en quatre groupes : les cinq premiers paragraphes mettent en quelque sorte la famille en scène ; d'abord, le lecteur va connaître le lieu où elle vit, la population dont elle fait partie, l'industrie à laquelle elle se rattache et les conditions économiques où cette industrie s'exerce. Puis l'auteur lui présentera, chacun sous son nom, les divers membres de la famille, en indiquant leur sexe, leur âge, leur titre de parenté. Il lui décrira ensuite les croyances religieuses, les idées et les habitudes morales qu'il a rencontrées dans la famille ; il y joindra une description sommaire de l'état physique et des conditions de santé de ses divers membres. Enfin il expliquera en termes courts, mais très nets, quelle est la situation sociale de la famille qu'il a observée. Les cinq premiers paragraphes qui ouvrent ainsi les Observations préliminaires, ont le titre commun et les titres particuliers que nous donnons ici :

Définition du lieu, de l'organisation industrielle et de la famille.

§ 1 — État du sol, de l'industrie et de la population.
§ 2 — État civil de la famille.
§ 3 — Religion et habitudes morales.
§ 4 — Hygiène et service de santé.
§ 5 — Rang de la famille.

Voilà le théâtre, où vit la famille, placé sous les yeux du lecteur et voilà les personnages qui y figurent. Les trois paragraphes suivants ont pour objet de définir les ressources au moyen desquelles ils subsistent. Ils forment donc un second groupe sous les titres suivants :

Moyens d'existence de la famille.

§ 6 — Propriétés (mobilier et vêtements non compris).
§ 7 — Subventions.
§ 8 — Travaux et industries.

Comment la famille emploie-t-elle ces ressources pour subvenir à l'alimentation de ses membres, leur assurer un abri et des vêtements et pour donner satisfaction aux autres besoins de l'ordre matériel ou de l'ordre moral ? C'est là le mode d'existence ; trois autres paragraphes groupés sous un titre commun coordonnent les faits observés

Mode d'existence de la famille.

§ 9. — Aliments et repas.
§ 10. — Habitation, mobilier et vêtements.
§ 11. — Récréations.

En récoltant, dans ses entretiens avec les chefs de la famille, les éléments nécessaires pour établir le double budget, l'observateur a besoin de dresser un état exact des propriétés immobilières et mobilières ; de faire un véritable

inventaire du mobilier et des vêtements. Ces deux documents sont insérés, l'un au paragraphe 6 ; l'autre au paragraphe 10. Leurs chiffres correspondent à ceux des budgets et servent à les expliquer.

Arrivé à ce point, le lecteur sait déjà où vit la famille, ce qu'elle est ; il est renseigné sur ses moyens et son mode d'existence ; en un mot, il peut se faire une idée nette de ce que l'observateur a vu au moment où il l'a étudiée. Mais pour compléter la description, il faut indiquer, en quelque sorte, d'où elle vient et où elle va ; il faut esquisser les principaux faits de sa modeste histoire et conjecturer, selon les plus vraisemblables probabilités, quel avenir lui est réservé, à quel degré lui est assurée la sécurité du lendemain, cette condition essentielle du bien-être de l'homme. Deux derniers paragraphes comblent cette double lacune et achèvent de remplir le cadre méthodique des *Observations préliminaires*, sous le titre commun :

Histoire de la famille.

§ 12. — Phases principales de l'existence.

§ 13. — Mœurs et institutions assurant le bien-être physique et moral de la famille.

Ces deux derniers paragraphes font encore partie de la description de la famille ; mais ils comportent nécessairement beaucoup de renseignements d'une portée plus générale ayant trait aux garanties plus ou moins grandes que peut offrir l'organisation sociale pour assurer le règne du bien dans les familles, et aux conditions de souffrance ou de bien-être que ce système social peut créer aux ouvriers. Dans le 12e paragraphe, le lecteur trouve l'indication des traditions bienfaisantes qui ont pu maintenir le respect de la loi morale ou des mauvais exemples qui en ont affaibli ou détruit la pratique. Le 13e paragraphe signale les mœurs et les institutions sociales qui peuvent assurer la prospérité de la famille. Dans certains cas, c'est ce même

paragraphe qui constate les fâcheuses conséquences de l'imprévoyance et des vices, ou l'insuffisance des institutions et des mœurs pour défendre les classes inférieures contre les chances de dénuement.

Sous le titre : *Éléments divers de la constitution sociale*, commenté par le sous-titre : *Faits importants d'organisation sociale ; particularités remarquables ; appréciations générales ; conclusions*, un second texte termine la monographie et suit immédiatement les *Comptes annexés aux budgets*. « Il n'appartient pas, dit M. Le Play, au corps même de la monographie ; il lui est seulement annexé comme un complément final. On y mentionne les phénomènes sociaux devant lesquels l'ouvrier est simplement passif et dont les conséquences, bonnes ou mauvaises, ne peuvent lui être attribuées. » Ces paragraphes complémentaires offrent souvent un vif intérêt pour le lecteur. C'est là que l'observateur, plus libre, introduit des appréciations et des idées que lui a suggérées son étude. Il importe qu'en rédigeant cette dernière partie de son œuvre, il s'attache surtout à mettre en relief des faits constatés par lui, et non pas à développer des considérations générales et des dissertations théoriques. Quelques exemples donneront une idée des sujets traités dans ces paragraphes supplémentaires.

La monographie du *Compositeur-typographe de Bruxelles* comprend, dans ce deuxième texte, quatre paragraphes dont voici les titres :

§ 17. — États successifs de stabilité et d'ébranlement, en Belgique.

§ 18. — Associations de secours mutuels et de prévoyance fondées par les ouvriers typographes de Bruxelles.

§ 19. — Augmentation apportée, en 1857, au salaire des ouvriers compositeurs-typographes.

§ 20. — Banquets ou réunions annuelles des ouvriers-typographes.

La monographie des *Paysans à famille-souche du Lavedan* est complétée par six paragraphes énumérés ci-dessous :

§ 17. — Transmission intégrale des biens de famille chez les paysans du Lavedan.

§ 18. — Ancienne organisation sociale du Lavedan.

§ 19. — Emploi de l'épargne annuelle de la famille.

§ 20. — Corvées récréatives ou échanges de travail dispensant les paysans de recourir aux salariés.

§ 21. — Système de culture des hautes vallées de l'ancien Lavedan.

§ 22. — Cause principale de l'ascendant personnel exercé, pour le bonheur temporel des populations stables, par certains clergés européens.

Pour résumer tout ce que nous avons dit dans cet article sur le cadre d'une Monographie de famille, il est bon de présenter l'ensemble méthodique des paragraphes qui composent l'une de celles qui sont publiées dans les *Ouvriers européens*. Au tome V de ce bel ouvrage, nous trouvons une monographie d'ouvrier français dont nous donnons ici une sorte de table

1° Le *Titre :*

MANŒUVRE-AGRICULTEUR

du Morvan (Nivernais)

(ouvrier journalier dans le système des engagements momentanés)
d'après les renseignements recueillis sur les lieux

de 1839 à 1855

par MM. A. de Saint-Léger et F. Le Play.

2° Les *Observations préliminaires* définissant la condition des divers membres de la famille.

Définition du lieu, de l'organisation industrielle et de la famille.

§ 1. — État du sol, de l'industrie et de la population.

§ 2. — État civil de la famille.

§ 3. — Religion et habitudes morales.

§ 4. — Hygiène et service de santé.

§ 5. — Rang de la famille.

Moyens d'existence de la famille.

§ 6. — Propriétés (mobilier et vêtements non compris).
§ 7. — Subventions.
§ 8. — Travaux et industries.

Mode d'existence de la famille.

§ 9. — Aliments et repas.
§ 10. — Habitation, mobilier et vêtements.
§ 11. — Récréations.

Histoire de la famille.

§ 12. — Phases principales de l'existence.
§ 13. — Mœurs et institutions assurant le bien-être physique et moral de la famille.

3° Les deux *Budgets*.

§ 14. — Budget des recettes de l'année.
§ 15. — Budget des dépenses de l'année.
§ 16. — Comptes annexés aux budgets.

4° Les *Éléments divers de la Constitution sociale.*

§ 17. — Causes d'ébranlement qui, depuis le commencement du XIXe siècle, agissent sur la population rurale du Morvan.
§ 18. — Instabilité actuelle de la petite propriété rurale en France.
§ 19. — Condition fâcheuse des manœuvres-agriculteurs dans plusieurs régions de la France.
§ 20. — Anciennes communautés du bas Nivernais composées de ménages, propriétaires ruraux, issus d'un commun ancêtre (communauté des Jault avant 1840 et sa dissolution en 1854).
§ 21. — Précis d'une monographie ayant pour objet le FONDEUR (AU BOIS) *du Nivernais*.
§ 22. — Organisation vicieuse imposée aujourd'hui en France aux forêts privées et aux usines à fer qu'elles alimentent.
§ 23. — Communautés coutumières ou taisibles du Nivernais, composées de ménages fermiers de domaines ruraux.

17. Types de familles d'ouvriers décrits, par la méthode des monographies, en un demi-siècle d'études.

La méthode d'études sociales instituée par M. Le Play a ses premières origines en 1829. Depuis cette époque elle a été appliquée à un très grand nombre de familles d'ouvriers. Parmi les monographies ainsi rédigées il a été fait un choix des plus instructives au point de vue de la science sociale. Celles-là ont été publiées dans les *Ouvriers européens* et dans le recueil de la Société internationale des études pratiques d'économie sociale, qui a pour titre les *Ouvriers des deux Mondes*. Cette double série de monographies publiées compte actuellement 68 types européens, 3 types asiatiques, 3 types africains, 2 types américains. Elle renferme, sous une forme rigoureusement comparable, les résultats de l'enquête la plus étendue qui ait jamais été faite sur la condition physique et morale des ouvriers par tous pays.

Les monographies de familles d'ouvriers publiées par M. Le Play dans l'ouvrage des *Ouvriers européens*, ont été classées en trois régions sous les titres :

1° *Les Ouvriers de l'Orient*, et leurs essaims de la Méditerranée — Populations soumises à la tradition, dont le bien-être se conserve sous trois influences dominantes : le Décalogue éternel, la Famille patriarcale et les Productions spontanées du sol.

2° *Les Ouvriers du Nord*, et leurs essaims de la Baltique et de la Manche — Populations guidées par un juste mélange de tradition et de nouveauté, dont le bien-être provient de trois influences principales: le Décalogue éternel, la Famille-souche et les Productions spontanées du sol et des eaux.

3° *Les Ouvriers de l'Occident* dont les types variés, au point de vue social, ont dû être distribués en 3 séries :

Première série. — Populations stables, fidèles à la tra-

dition devant les envahissements de la nouveauté, soumises au Décalogue et à l'Autorité paternelle; suppléant à la rareté croissante des Productions spontanées par la Communauté, la Propriété individuelle et le Patronage;

Deuxième série. — Populations ébranlées, envahies par la nouveauté, oublieuses de la tradition, peu fidèles au Décalogue et à l'Autorité paternelle; suppléant mal à la rareté croissante des Productions spontanées par la Communauté, la Propriété individuelle et le Patronage;

Troisième série. — Populations désorganisées, égarées par la nouveauté, méprisant la tradition, révoltées contre le Décalogue et l'Autorité paternelle; empêchées, par la désorganisation du travail et de la Propriété, de suppléer à la suppression des Productions spontanées.

18. — La pratique de la méthode des monographies de famille ne présente aucune difficulté sérieuse.

Le cadre des monographies de famille ne peut évidemment être rempli qu'à l'aide d'un effort considérable de travail. L'auteur de cette méthode l'a assez éprouvé par lui-même pour le savoir mieux que personne. Mais l'homme vivant en société est un objet d'étude si compliqué, que vingt-cinq ans d'essais pour simplifier ce travail, à la condition de laisser toutes les garanties nécessaires d'exactitude, n'ont pu le réduire à de moindres proportions. D'ailleurs l'exécution d'une monographie de famille n'offre pas d'égales difficultés dans toutes les parties de l'œuvre. Ce qui pourra effrayer un observateur, inspiré et soutenu par le désir de connaître la vérité et de s'instruire d'une manière sûre, ce n'est pas la longueur des calculs nécessaires pour établir et balancer les deux budgets avec leurs comptes annexés; ce n'est pas la rédaction assez délicate et assez longue des deux textes qui commentent les indications des budgets. Il craindra plutôt d'échouer dans l'observation

même des faits, dans cette enquête qu'il faut ouvrir au foyer de la famille. Ne faut-il pas pénétrer dans les moindres mystères des moyens et du mode d'existence? Ne faut-il pas inventorier, pièce à pièce, mobilier, vêtements, propriétés, dépenses de tous genres, recettes de toutes sortes? Quelle famille livrera ainsi tous les secrets de son existence à un curieux dont elle comprendra difficilement le but? Quelle famille confiera à cet interrogateur indiscret ses idées, ses préoccupations d'avenir, ses croyances morales et religieuses? N'y a-t-il pas là un obstacle difficile à écarter, et là où tant de questions poussées si loin auront trouvé des réponses, peut-on toujours compter sur leur sincérité?

Ces appréhensions sont toutes naturelles; mais la réponse qu'il est possible d'opposer aux premières des objections que je viens d'indiquer est péremptoire. Comme le philosophe grec qui démontrait le mouvement en marchant, l'auteur de la méthode en a démontré la facilité pratique en l'appliquant, lui et ses amis, pendant un demi-siècle. Quiconque, encouragé par cet exemple, se mettra à l'œuvre avec confiance se convaincra promptement que les difficultés conçues *à priori* ne se rencontrent pas dans la pratique. Cette enquête qui paraît si indiscrète débute en réalité par ramener l'ouvrier à ses souvenirs d'enfance, aux traditions de la famille et du pays. C'est un sujet qui lui est cher. Il a rarement l'occasion de s'en entretenir. Il lui plaît d'ailleurs d'en faire connaître les détails à un étranger placé dans une position sociale qui éloigne toute pensée de curiosité mal intentionnée. Il s'imagine volontiers qu'il s'offre là une occasion de faire parvenir dans les rangs plus élevés de la société un écho de ses joies et surtout de ses souffrances et de ses plaintes. On ne saurait imaginer, avant d'en avoir fait l'expérience, avec quelle rapidité s'établit entre l'observateur et la famille, où il s'introduit pour l'étudier, la confiance indispensable pour l'exécution d'un pareil travail. En un mot, à ceux qui douteraient, on peut dire : essayez; procédez avec certaines précautions toutes naturelles, mais avec

droiture et simplicité ; ayez soin de recueillir les dires de la famille sans les troubler par aucune réflexion critique, par aucune appréciation défavorable ; laissez-lui bien comprendre que vous cherchez à vous instruire des faits de la vie des ouvriers par leur propre témoignage, en vue de faire connaître leurs griefs et leurs sujets de satisfaction ; ainsi entreprise et conduite l'enquête marchera toute seule, aucun renseignement ne vous sera refusé. Si par hasard il vous est dissimulé quelque détail concernant l'épargne et son emploi, ou quelques habitudes que l'on aime mieux ne pas avouer, la méthode elle-même vient à votre aide. A mesure que se poursuivent vos entretiens et que votre carnet de notes s'enrichit, vous mettez sommairement en ordre les renseignements déjà recueillis ; vous esquissez les résultats essentiels qui devront être inscrits aux budgets ; vous vous rendez compte approximativement de la possibilité d'équilibrer les recettes avec les dépenses. Là se révèlent les inexactitudes, les contradictions dans les déclarations de la famille. On voit sur quels points il y a lieu de poursuivre un supplément d'enquête et, selon les motifs qui paraissent avoir retenu l'ouvrier dans ses confidences, on dirige ses nouvelles questions de manière à ne plus se heurter aux mêmes obstacles.

Il n'y a pas à s'effrayer davantage des pertes de temps occasionnées à la famille par ces entretiens répétés ; des différences de langage et de la difficulté des patois locaux ; de la fatigue que pourraient éprouver les ouvriers en se livrant à de longs entretiens où leur attention est tenue en éveil beaucoup plus qu'ils n'en ont l'habitude.

En un mot, l'auteur des *Ouvriers européens* a pu écrire avec toute autorité : « Une longue expérience a démontré que ces craintes et ces prévisions ne sont pas fondées ; du moins, la nature même du travail a fourni le moyen de les dissiper. Depuis l'époque de mon premier voyage (1829), j'ai entrepris l'étude de plus de trois cents monographies, et je n'ai point manqué une seule fois de les terminer à ma

complète satisfaction et à celles des familles observées. Il est même souvent arrivé que mon départ a été une cause de regret, parfois même une sorte de deuil pour tous les membres de la famille. Les nombreux collaborateurs signalés dans cet ouvrage ont constaté les mêmes faits et recueilli les mêmes témoignages d'affection. Ce succès permanent m'a d'abord étonné, et je me suis demandé s'il devait être attribué à quelque qualité qui m'était propre. Je n'ai pas tardé à être fixé sur ce point. Le succès est assuré par la nature même de la méthode; il a pour cause l'évidence même des difficultés signalées. Même sans en être averti, tout observateur intelligent comprend la nécessité de recourir aux moyens suivants pour gagner le bon vouloir des familles. Ne point brusquer une enquête qui a tout au moins le défaut d'être insolite, sauf à en abréger, s'il est possible, les préliminaires, en se plaçant sous la recommandation d'une autorité sociale de la localité, prudemment choisie. S'assurer d'abord la confiance, puis la sympathie de la famille, en lui faisant connaître le but d'utilité publique et la pensée de dévouement qui inspirent l'observateur. Soutenir l'attention des assistants par des récits qui puissent les intéresser. Les dédommager, par des indemnités pécuniaires, des pertes de temps que l'enquête leur impose. Louer avec discernement la sagesse des hommes, la grâce des femmes, la gentillesse des enfants, et distribuer judicieusement à tous de petits cadeaux (1). »

Une dernière appréhension peut arrêter certaines personnes portées à se défier de l'étendue de leurs aptitudes. Elles peuvent penser que l'exécution d'une monographie exige chez l'observateur des qualités d'esprit d'un ordre très élevé et des connaissances très étendues. L'expérience a depuis longtemps démontré à M. Le Play et aux amis qui se sont fait initier à ses travaux, que la pratique de la méthode des monographies de famille n'est pas accessible seu-

(1) Le Play — *Les Ouvr. europ.*, 2e édit., tom. I, livr. II, chap. IX, § 2.

lement aux esprits très cultivés. Elle a été souvent appliquée avec succès par des hommes peu lettrés, mais guidés par un sens droit et animés en même temps d'un respect sincère de la vérité et d'un amour réel pour le bien de leurs semblables.

19. Les règles à suivre pour appliquer la méthode des monographies de famille.

Pour se livrer à l'étude des faits sociaux par la méthode exposée ci-dessus, il convient de se rendre dans le pays que l'on veut connaître et d'y résider quelque temps. Néanmoins on peut encore, guidé par le cadre de la méthode, étudier à distance, avec succès, un pays que l'on ne peut visiter, pourvu que l'on ait sous la main une famille qui y soit née et qui y ait longtemps vécu. Le recueil des *Ouvriers des deux mondes* renferme un curieux exemple d'une monographie exécutée dans ces conditions. Elle a pour titre: PAYSANS EN COMMUNAUTÉ *du Ning-po-fou (province de Tchè-Kian, Chine)* — propriétaires-ouvriers dans le système du travail sans engagements — d'après les faits observés sur les lieux de 1842 à 1846 par Ouang-Tching-Yong, l'un des membres de la famille, recueillis et coordonnés en mars 1861 par M. L. Donnat, ingénieur civil des mines (*Ouvr. des deux mondes*, tome IV, n. 30).

L'observateur peut choisir à son gré l'objet de son étude parmi les ouvriers agricoles ou parmi les ouvriers de l'industrie manufacturière ou des industries extractives. S'il s'agit d'un pays qui n'ait pas encore été décrit, il vaut mieux commencer par une famille de *paysans*. Cette classe est l'élément fondamental de toute organisation sociale ; liés au sol par la propriété territoriale d'où ils tirent leurs moyens d'existence, les paysans conservent mieux que tous les autres ouvriers du pays les traditions et les idées de la race, tout ce qui en un mot constitue le

génie local. La famille que l'on étudie doit être originaire du pays, y occuper une situation moyenne au point de vue matériel et au point de vue moral. Elle doit former un ménage complet, les deux époux avec des enfants.

L'enquête qui permet de réunir les éléments de la monographie se poursuit par trois moyens distincts : 1° l'observation directe des faits que l'on peut constater par soi-même ; 2° les entretiens avec ceux des membres de la famille, qui, soumis à un interrogatoire conduit avec prudence et discernement, peuvent faire connaître les faits que l'observation seule ne peut révéler ; 3° les renseignements pris, avec une grande réserve d'ailleurs, auprès des personnes de la localité qui connaissent depuis longtemps la famille ou qui ont à exercer sur elle un patronage. Cette troisième source d'informations est celle qui doit être considérée comme la moins sûre. On est souvent surpris de constater combien des personnes appartenant aux classes dirigeantes connaissent mal l'organisation sociale de la population dont elles font partie. On aura donc soin de contrôler leurs assertions par l'observation directe des faits ou par les déclarations de la famille que l'on observe.

20. L'observation d'une famille conduit à la connaissance exacte du système sous lequel elle vit.

Beaucoup de personnes, après avoir pris connaissance du cadre des monographies de famille, se sont arrêtées à une objection spécieuse, mais fort peu fondée. Quelle notion sociale peut fournir l'analyse détaillée de l'existence d'une famille d'ouvriers? N'est-ce pas un fait particulier d'où rien n'autorise à tirer des connaissances générales. Les monographies affectent une exactitude poussée jusqu'à la minutie, mais elles ne sauraient éclairer l'observateur sur la plupart des questions débattues de nos jours entre les divers partis qui divisent les peuples de l'Europe. C'est un pénible, mais stérile effort.

Pour comprendre combien cette objection est vaine, il faut se reporter aux autres sciences d'observation et aux conditions fondamentales de leurs récents progrès. Elles ont toutes traversé une période de discussions infécondes, sur de prétendus principes auxquels s'attachaient avec passion les savants contemporains. C'est lorsqu'on en est enfin venu à une étude méthodique et rigoureuse des faits, que la scène a complètement changé. Alors sont peu à peu tombées en oubli une foule de questions générales nées d'idées préconçues et d'opinions erronées, tandis que la lumière s'est portée sur des vérités d'un tout autre ordre, solidement établies par l'observation de faits particuliers.

L'auteur des *Ouvriers européens* et ses amis ont eu la même destinée en matière de science sociale. Ils avaient commencé leurs études avec les préoccupations qui agitaient les esprits de leur temps. C'était au milieu des luttes qui ont marqué, en France, la fin de la Restauration et les débuts du gouvernement du roi Louis-Philippe. L'influence des ministres du culte dans le gouvernement, les idées monarchiques ou républicaines concernant la forme de la souveraineté, la liberté de la presse, les lois destinées à régler la composition et le rôle du corps électoral tenaient la première place dans les polémiques passionnées qui captivaient les esprits. M. Le Play fut péniblement désappointé, lorsqu'il reconnut après plusieurs années de pratique consciencieuse de sa méthode, combien il était loin d'arriver à des conclusions nettes sur ces grandes questions du jour. Il se refusa cependant à admettre que l'étude approfondie des faits pût être stérile en matière sociale. Il persévéra longtemps encore et entrevit enfin que, si ces études lui révélaient peu de chose sur les questions tant débattues entre les partis politiques, elles le menaient néanmoins à des conclusions générales, à des vérités obscurcies dans l'esprit de ses contemporains par certaines opinions préconçues, trop légèrement admises comme des

principes incontestables. C'est après la commotion sociale imprimée aux populations européennes par la révolution de 1848, que l'auteur de la méthode se rendit complètement compte de ce résultat essentiel de ses longs travaux. Les monographies de familles d'ouvriers l'avaient peu à peu amené à reconnaître les véritables caractères des bonnes et des mauvaises constitutions sociales.

Leurs mérites ou leurs défauts lui parurent tout à fait indépendants de la forme théocratique, monarchique, oligarchique ou républicaine que peut revêtir la souveraineté. Il conclut formellement de ses observations, si précises et si méthodiques, que, sous chacune de ces formes, certaines sociétés ont atteint la prospérité, d'autres ont enduré d'incontestables souffrances. Le bonheur des peuples lui parut donc soumis à des causes supérieures, qui se sont rencontrées ou qui ont fait défaut tour à tour, sous chaque système de gouvernement. La constatation de ces causes générales, et toujours identiques, de la prospérité ou de la souffrance dans les sociétés humaines a été le grand résultat de l'application de la méthode des monographies à la science sociale. L'auteur y est arrivé en tirant, de l'étude des familles d'ouvriers, des notions précises concernant la hiérarchie sociale dans les races agglomérées sur des territoires restreints, et parvenues à une organisation compliquée. Il est parvenu à reconnaître par quel mécanisme se maintiennent le règne du bien et le bonheur qui en découle, chez les races prospères. Il a été surtout convaincu, par le témoignage des faits, que les vérités qui se sont enfin manifestées à ses yeux, ne sont pas des découvertes. De tout temps certaines races humaines les ont pratiquées et en ont recueilli les bienfaisants effets, jusqu'au jour où les nouvelles générations s'en sont écartées plus ou moins, et ont rapidement préparé une époque de souffrance. En tous pays certains hommes conservent traditionnellement la connaissance pratique de ces vérités précieuses, et leur doi-

vent l'heureux privilège de créer autour d'eux la bonne harmonie et le bien-être physique et moral parmi les hommes.

Ce serait, pensons-nous, laisser absolument incomplet le compte rendu des travaux importants dont nous nous occupons, que de ne pas faire connaître les vérités sociales ainsi retrouvées par l'auteur des *Ouvriers européens*. Mais il est nécessaire de consacrer, à cette dernière et intéressante partie du sujet, un article spécial que nous donnerons dans un des prochains numéros de la Revue.

Dr Jean de Raimbert.

L'AVEUGLEMENT SCIENTIFIQUE

NEUVIÈME ARTICLE (1).

X. L'ORIGINE ET LA FORMATION DES ORGANISMES.

Dans l'examen des principales questions qui se posent aujourd'hui sur les confins de la science et de la philosophie, nous avons dû réserver la dernière place à celle qui forme le sujet du présent chapitre. Ainsi le voulait l'enchaînement logique de ces questions. Malheureusement, quelque intéressante qu'elle soit en elle-même, il faut bien convenir qu'il n'en est guère de plus rebattue. Sans compter les ouvrages spéciaux, quelle revue ne l'a pas traitée à plusieurs reprises dans ces quinze dernières années? Transformisme, sélection naturelle, darwinisme, génération spontanée, science et philosophie mélangées, agrémentées d'exemples et de détails curieux, émaillées de noms latins de genres et d'espèces ; tout lecteur studieux en est aujourd'hui saturé, et nous risquons fort de voir ceux qui nous ont courageusement suivi dans toute notre longue inspection nous fausser compagnie à la dernière étape.

(1) Voir les livraisons de janvier, avril et juillet 1877, avril et octobre 1878, janvier et juillet 1879, et janvier 1880.

Un naturaliste peut encore, il est vrai, trouver sans trop de peine le moyen d'être original sur un pareil sujet. Toute recherche sérieuse en botanique, en zoologie, en paléontologie, lui fournira des faits nouveaux pour appuyer ou pour combattre les théories transformistes. Mais cette ressource nous manque ; et d'ailleurs nous serait-elle bien utile dans un chapitre où nous devons uniquement discuter les conclusions générales qui découlent de l'ensemble des faits ? Quelque importants que soient les détails, l'ensemble l'est beaucoup plus à notre point de vue ; c'est lui que nous devons dessiner aussi exactement que possible, et il faut pour cela, non l'enrichir d'éléments nouveaux, mais le dégager des poussières et des brouillards qui, en plus d'un endroit, le dérobent à la vue et le recouvrent d'apparences trompeuses. Impossible autrement de bien établir les raisonnements inductifs qui seuls peuvent nous révéler l'origine des organismes vivants. C'est donc ce que nous tâcherons de faire, et peut-être cela suffira-t-il pour donner à quelques parties de ce travail un attrait de nouveauté.

Commençons par indiquer autour de la question certaines limites naturelles que l'on franchit parfois faute de les apercevoir. Et d'abord, elle porte exclusivement sur les organismes, c'est-à-dire, sur ces structures composées d'atomes, dans lesquelles se produisent les phénomènes matériels de la vie végétale et animale. Nous avons vu, aux chapitres VII et VIII, que des actions volontaires, essentiellement distinctes des actions atomiques, se révèlent dans les phénomènes animaux, et nous obligent à reconnaître l'existence d'agents supérieurs aux substances atomiques. Dans les phénomènes végétaux nous n'avons rien trouvé d'analogue ; mais cette preuve négative, malgré sa grande valeur, n'autorise pas à conclure avec une certitude parfaite que ces phénomènes ne sont pas aussi gouvernés par de pareils agents. Qu'elles existent ou non, toutes ces substances supérieures sont complètement étrangè-

res à la question actuelle ; l'origine dont il s'agit n'est pas la leur, mais uniquement celle des organismes atomiques livrés à leur activité. Dans cette plante, dans le corps de cet animal, les atomes sont arrangés, non comme dans les pierres et les métaux, comme dans les liquides et les gaz, mais de manière à former une machine extrêmement savante, capable de fonctions inconnues à la nature inorganique ; d'où vient cet arrangement spécial? Telle est la seule question qui doive ici nous occuper.

Question d'arrangement, de construction si l'on veut, mais non de création proprement dite. On pourrait parler de création, si les atomes du monde organique avaient une nature spéciale qui les distingue essentiellement des autres; mais la chimie prouve qu'il n'en est rien ; bien plus, la physiologie végétale et animale nous montre qu'ils proviennent tous du monde inorganique et qu'ils finissent tous par y retourner. En passant d'un monde à l'autre, ils ne changent pas leur essence, mais seulement leur mode d'agrégation. Ils s'organisent de mille manières, et arrivent à former les organismes les plus divers. On demande uniquement quelles causes ont à l'origine déterminé leur organisation, quelles causes y ont introduit une telle diversité.

Remarquons en passant que c'est bien ainsi que le problème a été livré aux disputes des hommes dès la première page de la Genèse. Pour indiquer d'abord la première origine du monde, la Genèse emploie un mot spécial qui ne peut se traduire que par notre verbe *créer*. « In principio *creavit Deus* cœlum et terram. » Mais ensuite, parlant de la naissance des plantes, elle les fait produire par la terre, c'est-à-dire par une matière inorganique préexistante : « *Germinet terra* herbam virentem et facientem semen, et lignum pomiferum faciens fructum juxta genus suum, cujus semen in semetipso sit super terram. Et factum est ita. Et *protulit terra* herbam virentem, etc. » Quant aux animaux, il semble qu'elle ait voulu distinguer entre l'organisme et l'agent

volontaire, confier la *production* du premier aux eaux et à la terre, et réserver l'autre au *Créateur;* car deux fois, et avec symétrie, elle assigne successivement ces deux origines. « Dixit etiam Deus : *Producant aquæ* reptile animæ viventis, et volatile super terram sub firmamento cœli. *Creavitque Deus* cete grandia, et omnem animam viventem atque motabilem, quam produxerant aquæ in species suas, et omne volatile secundum genus suum... Dixit quoque Deus : *Producat terra* animam viventem in genere suo, jumenta, et reptilia, et bestias terræ secundum species suas. Factumque est ita. Et *fecit Deus* bestias terræ, etc. » Pour l'homme lui-même, bien qu'elle ait soin dès l'abord de ne mentionner que le *Créateur* (Faciamus hominem ad imaginem et similitudinem nostram... Et *creavit Deus* hominem ad imaginem suam : ad imaginem Dei *creavit* illum, masculum et feminam *creavit* eos), elle n'oublie pas de nous apprendre ensuite, au second chapitre, que l'organisme humain a été, comme les autres, formé d'une matière préexistante : « Formavit igitur Dominus Deus hominem *de limo terræ*, et inspiravit in faciem ejus spiraculum vitæ, et factus est homo in animam viventem. »

Je sais bien que nous ne devons jamais chercher dans la Bible les secrets de la science, car rien ne nous garantit qu'ils s'y trouvent. Les hommes que Dieu a chargés de l'écrire, ne semblent pas les avoir connus beaucoup mieux que leurs contemporains, ni avoir eu la prétention de les révéler à la postérité. Sans doute ces livres « écrits sous l'inspiration de l'Esprit-Saint ont Dieu même pour auteur ;» mais « comme tels, c'est à l'Église, » et non directement aux particuliers, qu'ils sont adressés. Or, l'Église y recherche seulement ce qu'elle doit enseigner «dans les matières de foi et de mœurs qui font partie de la doctrine chrétienne (1). » De quel droit

(1) « Spiritu Sancto inspirante conscripti Deum habent auctorem, atque ut tales ipsi Ecclesiæ traditi sunt..... Nos idem [Tridentinum] decretum renovantes, hanc illius mentem esse declaramus, ut in rebus fidei et morum ad ædificationem doctrinæ Christianæ pertinentium, is pro vero sensu sacræ

voudrions-nous y découvrir des révélations scientifiques qu'elle n'a jamais songé à y chercher. Ni la religion, ni les sciences naturelles n'ont rien à gagner à cette témérité. Si nous avons cité les quelques versets qui précèdent, c'est surtout parce qu'ils renferment à peu près tout ce qu'on peut alléguer pour mêler le dogme révélé à la question qui nous occupe, et que nous voulons protester contre un pareil abus. Dans ses limites naturelles, cette question est, à notre avis, entièrement libre. On verra bientôt que nous rejetons les doctrines transformistes, mais nous n'avons pour cela que des raisons purement scientifiques. Si beaucoup de leurs partisans sont irréligieux, c'est qu'ils y greffent intempestivement des assertions matérialistes qui n'appartiennent pas à l'essence même du transformisme. Il y a des spiritualistes, il y a des catholiques qui admettent ce système sans aucun détriment de leurs convictions ni de leur foi. Croire que la matière s'est d'abord organisée spontanément, c'est-à-dire par l'action des seules forces atomiques qui produisent déjà tous les phénomènes inorganiques, que ces premières constructions se sont ensuite modifiées et développées par les mêmes actions, de manière à produire successivement tous les végétaux et tous les organismes des animaux; c'est, pensons-nous, se tromper scientifiquement, mais ce n'est pas errer dans la foi, ce n'est pas contredire la doctrine révélée qui n'enseigne absolument rien sur ce sujet. Ceux qui disent le contraire ne l'ont jamais prouvé, soit qu'ils le disent pour défendre la religion, soit qu'ils le prétendent pour la combattre.

Le chrétien est donc ici parfaitement libre ; il peut se prononcer dans un sens ou dans l'autre, suivant les lumières que l'étude scientifique lui donnera ; mais il n'en est pas de même du matérialiste. N'admettant pas d'autre existence que celle de la matière, il est bien forcé de lui attri-

Scripturæ habendus sit, quem tenuit ac tenet Sancta Mater Ecclesia *Const. de Fide cath.*, c. II.

buer le pouvoir de s'organiser elle-même. Si les faits semblent parfois le contredire, tant pis pour les faits. Aussi tous les matérialistes instruits, sans aucune exception, sont aujourd'hui transformistes et même, nous le verrons bientôt, ils l'étaient déjà il y a plus de vingt siècles. Ils admettent tous que, en remontant suffisamment dans le passé, on arriverait à une époque où il n'existait aucun organisme ; que plus tard, dans des conditions encore inconnues, les atomes se sont agrégés pour former des organismes, rudimentaires mais durables ; et que, dans les âges suivants, la sélection naturelle et d'autres causes analogues ont tiré de ces premiers germes toute la série des êtres vivants. Nous ne leur demanderons pas comment cela s'accorde avec leur éternité de la matière ; car nous avons plus haut démontré l'absurdité de ce dogme, et nous comprenons sans peine qu'un dogme absurde oblige ses fidèles à se contredire ; c'est tout naturel, puisque c'est nécessaire. Il nous suffit de constater ici qu'ils ne sont pas libres dans la question qui nous occupe ; malgré la science réelle de quelques-uns de leurs docteurs, cette remarque nous paraît ébranler quelque peu leur autorité.

Mais ne parlons plus d'autorité doctrinale en cette matière, et reconnaissons que les faits d'observation et d'expérience sont la seule base légitime des théories d'origine. L'aveu d'ailleurs n'a rien de décourageant ; il ne renvoie pas à un lointain avenir l'examen de la question. Depuis un demi-siècle, grâce aux travaux d'illustres naturalistes, les faits utiles se sont accumulés au point d'être même parfois un peu encombrants ; et déjà, qu'on veuille bien me pardonner la forme et le fond de ce jugement, ce qui manque le plus aujourd'hui, ce ne sont pas les matériaux, c'est la manière de s'en servir.

Quoi qu'il en soit, les savants de nos jours sont, à ce sujet, divisés en deux écoles opposées, tellement opposées qu'elles ne peuvent rien avoir de commun, parce qu'elles

se séparent dès leur premier pas. Suivant les uns, l'organisation de la matière, la fabrication des organismes, ces machines naturelles, résultent comme celle de toutes nos machines artificielles, de l'exécution volontaire de plans intelligents. Suivant les autres, elle n'est que le produit nécessaire des forces atomiques, comme la formation des corps inorganiques, des planètes par exemple. C'est à la comparaison de ces deux doctrines que nous consacrons ce dernier chapitre.

La première est aussi ancienne que l'humanité, parce que, nous le verrons plus loin, elle se présente pour ainsi dire d'elle-même au sens commun. Mais la seconde n'est pas, quoi qu'on en dise parfois, un produit scientifique du dix-neuvième siècle. Vingt-trois siècles avant qu'on s'occupât de recueillir les faits sur lesquels on la fonde aujourd'hui, Empédocle la professa formellement ; et une école nombreuse, qui n'a jamais songé à faire la moindre observation scientifique, l'école qui porte le nom d'Épicure, en fit un de ses dogmes. Lucrèce, l'éloquent vulgarisateur de ces dogmes, nous a laissé de celui-ci une formule presque aussi précise et en même temps plus générale que les formules ordinaires des vulgarisateurs modernes.

« Non certes, dit-il, ce n'est pas à dessein et par une pensée intelligente que les atomes se sont arrangés chacun à sa place ; ils n'ont pas concerté d'avance leurs mouvements individuels. Mais changeant de mille manières, dans l'infini de l'espace et du temps, frappés et détournés par les chocs, essayant tous les genres de mouvement et d'assemblage, ils arrivent enfin à des arrangements comme ceux des choses qui composent notre univers ; lequel, doué de stabilité pour de longues années depuis qu'il est entré dans la période des mouvements qui lui conviennent, assure la restauration de la mer avide par l'eau courante des fleuves, la reproduction des végétaux par la terre qu'échauffent les rayons du soleil, l'épanouissement continu de

nouveaux animaux, et la durée vitale des feux qui se consument au ciel (1). »

Voilà bien clairement l'exclusion formelle d'une fabrication volontaire et d'un plan intelligent, même dans un sens que n'admettrait pas un transformiste croyant à la Providence. Voilà bien la formation de l'univers et de tout ce qu'il contient, sans en excepter les plantes et les animaux, livrée aux seuls atomes et à leurs actions mutuelles. Voilà en outre, par l'opposition entre les mille changements et tâtonnements qui s'accomplissent d'abord dans l'espace et le temps infinis, et la stabilité qui se produit dans la période des mouvements convenables ou concordants, la première formule de la survivance du plus capable et de la sélection naturelle. Si cette formule est encore un peu indécise, c'est qu'elle est plus générale que la formule moderne, et qu'elle n'est pas faite uniquement pour les organismes. Lucrèce, il est vrai, ne l'applique pas ici explicitement à la première organisation des corps vivants, mais seulement à la conservation actuelle de l'ordre établi ; ainsi le voulait l'ensemble du raisonnement dont ces vers font partie ; mais ailleurs, et notamment dans toute la seconde moitié du livre suivant, il affirme vingt fois sans la moindre hésitation la génération spontanée des plantes et des animaux qui découle de son principe.

(1) Nam certe neque consilio primordia rerum
Ordine se quæque, atque sagaci mente locarunt,
Nec quos quæque darent motus pepigere profecto.
Sed quia multimodis multis mutata, per omne,
Ex infinito, vexantur percita plagis,
Omne genus motus et cœtus experiundo,
Tandem deveniunt in tales disposituras,
Qualibus hæc rebus consistit summa creata ;
Et multos etiam magnos servata per annos,
Ut semel in motus conjecta est convenientes,
Efficit, ut largis avidum mare fluminis undis
Integrent amnes, et solis terra vapore
Fota novet fœtus, summissaque gens animantum
Floreat, et vivant labentes ætheris ignes.

De rerum natura, lib. 1, v. 1020 seq.

Il n'a jamais essayé de démontrer ce principe, ni même d'en indiquer d'autres applications. Au contraire, les savants qui, de nos jours, ont adopté et vulgarisé la même thèse, l'ont corroborée par une foule d'applications séduisantes que nous nous garderons bien de dissimuler. Il est vrai que celles-ci portent toutes sur la partie la moins ardue de cette thèse, sur celle qui, supposant des organismes déjà formés, n'a plus à expliquer que leur transformation ou, suivant le mot consacré, leur évolution. Mais il faut convenir que la sélection naturelle appliquée à l'évolution répond assez heureusement à des questions aussi singulières et aussi diverses que les suivantes. Pourquoi trouve-t-on une analogie si frappante entre les animaux qui caractérisent aujourd'hui telle partie du monde, et les espèces éteintes dont on exhume les restes fossiles dans les mêmes régions? Ces coïncidences sont nombreuses ; donnons pour exemples les kangurous de l'Australie, les paresseux et les armadilles de l'Amérique du Sud. Pourquoi aussi ces ressemblances entre les espèces différentes qui peuplent des îles voisines, tandis que la divergence se montre dans les cas où la séparation des îles paraît remonter à une très haute antiquité? M. Wallace en a donné de curieux exemples dans son *Malay Archipelago*. Pourquoi ces structures rudimentaires, complètement inutiles, n'ayant pour toute fonction que de représenter des organes qui sont importants dans d'autres organismes? Exemples, les dents fœtales qui chez la baleine n'arrivent jamais à percer la gencive, et disparaissent dans l'adulte ; les petits os des ailes dans l'aptérix, ce singulier oiseau de la Nouvelle-Zélande. Pourquoi trouve-t-on parfois chez des genres très distants par la forme et les habitudes, des types essentiellement semblables, par exemple, chez la baleine et la chauve-souris, chez le papillon et la crevette? Pourquoi des animaux qui arrivent à des degrés très différents de perfection finale, passent-ils cependant dans leur développement par une première série d'étapes communes? Pour-

quoi, plus généralement dans tout le règne animal et dans tout le règne végétal, cette communauté de caractères qui sert de base aux classifications? Pourquoi cet étrange phénomène de mimique qui donne à certains animaux ou à certaines plantes une ressemblance trompeuse avec des animaux ou des plantes qui n'ont d'ailleurs aucun voisinage d'affinité dans les classifications? Il y a dans l'Inde un insecte qu'à première vue on prendrait pour une feuille qui marche; la ressemblance est poussée jusqu'à l'imitation des blessures que font subir aux feuilles les insectes et les champignons. En revanche, on trouve dans les orchis des exemples où la plante a copié des insectes tels que la mouche, l'abeille, l'araignée. On a signalé bien des cas de ces singulières ressemblances chez les oiseaux, les poissons et les papillons. Non seulement la sélection naturelle donne à toutes ces questions et à plusieurs autres des réponses satisfaisantes; mais elle peut même fournir des indications pour des recherches futures, et mener du connu à l'inconnu. Elle a ainsi guidé les naturalistes à des découvertes qui, une fois bien constatées, ont formé de nouveaux arguments en sa faveur.

Ces faits, si nombreuse qu'en devienne la liste, si frappants qu'ils soient pour la plupart quand on les considère en détail, forment-ils une démonstration suffisante de la seconde doctrine, parce que celle-ci parvient à en rendre compte? Nous ne parlons pas, bien entendu, d'une démonstration rigoureuse, mathématique, mais simplement d'une de ces inductions légitimes qui établissent une probabilité pratiquement équivalente à la certitude, et dont les sciences naturelles doivent ordinairement se contenter. A la question ainsi honnêtement posée, nous n'hésitons pas à répondre négativement; et nous croyons qu'après nous avoir lu, on conviendra que nous avons pour cela d'excellentes raisons.

La thèse qu'il faudrait démontrer, renferme d'abord une

partie négative. En faisant de l'organisation le produit nécessaire des seules forces atomiques, elle nie la coopération de forces volontaires et intelligentes. Il est vrai que tous ses partisans n'entendent pas cette négation de la même manière. Les uns admettent la Providence, et par conséquent l'existence d'un plan providentiel ; mais c'est là le seul rôle qu'ils attribuent à l'intelligence et à la volonté dans l'organisation de la matière. Suivant eux, l'état initial des atomes a été choisi par le Créateur, de telle façon que, par leurs seules actions mutuelles, sans aucune intervention volontaire comme celles qu'exige la construction de nos machines artificielles, ils durent dans la suite des temps s'agréger en organismes. Les autres, ce sont les matérialistes, nient carrément toute providence quelconque, ils nient la création, ils nient le Créateur, ils nient l'intelligence ; et, comme il ne leur reste alors que des atomes tourbillonnant dans le chaos, sans plan, sans but, sans cause, c'est au pur hasard des influences mutuelles, réglées par des lois nécessaires et aveugles, qu'ils sont obligés de confier la formation de toutes les merveilles organiques et inorganiques. Pour pallier l'irrémédiable impuissance d'un pareil système, ils ont l'infinité du temps et ce qu'ils appellent l'éternité de la matière. *Après* toute une éternité dépensée à tâter de tous les assemblages possibles, *omne genus motus et cœtus experiundo*, pourquoi, nous disent-ils, les atomes ne pourraient-ils pas être arrivés enfin *in tales disposituras* ? Qu'on lise tout ce qu'ils ont écrit depuis cinquante ans, on n'y trouvera pas une autre explication de l'origine première des organismes. Ils sont donc toujours, après plus de vingt siècles, dans le même nuage que Lucrèce, et nous les défions bien d'en sortir. Il serait superflu d'insister ici davantage sur la faiblesse de leur position, d'abord parce qu'au chapitre V nous avons montré l'absurdité de leurs illusions sur l'infini, et ensuite parce que nous allons critiquer la thèse négative de leurs alliés spiritualistes, et qu'il est impossible d'abandonner celle-ci sans sacrifier *à fortiori* la leur.

Il est vrai que celle-ci n'implique aucune absurdité ; car l'organisation de la matière, considérée, non dans la force intellectuelle qui en conçoit le plan, mais dans les forces matérielles qui l'exécutent, n'a rien qui dépasse la capacité naturelle des atomes. Dans les organismes végétaux et animaux où nous la voyons s'accomplir chaque jour, tous ses résultats, toutes ses phases semblent bien être des phénomènes aussi nécessaires que ceux du monde inorganique. Comme nous l'avons montré au chapitre VII, rien dans ces phénomènes chimiques, plastiques et mécaniques n'accuse la présence de forces volontaires, distinctes des forces atomiques. Si, là où nous l'observons, l'organisation nouvelle ne s'accomplit que par l'intervention d'une matière préalablement organisée, rien ne prouve *à priori* que cette intervention soit absolument indispensable. Il n'est pas absurde de supposer le contraire.

Il faudrait pourtant apporter autre chose que cette simple remarque, si l'on désire faire accepter la thèse. Il y a bien des choses qui ne sont pas absurdes, et dont cependant il serait ridicule d'escompter l'existence. Il n'est pas absurde, par exemple, qu'en réunissant au hasard environ deux mille caractères d'imprimerie, le compositeur produise précisément la page que j'écris en ce moment ; mais j'aurais tort de l'espérer et, pour plus de sûreté, je prépare le manuscrit qui doit le guider. Dans le moindre petit organe, dans la moindre cellule vivante, il y a des millions d'atomes dont les arrangements compliqués défient, encore aujourd'hui et depuis longtemps, toute la perspicacité des savants ; ce ne sont plus les simples dispositions géométriques des atomes en molécules, et les assemblages quelconques des molécules en corps gazeux, liquides ou solides; ce sont des structures mystérieuses, accomplissant des fonctions vitales supérieures à tout ce que nous savons imiter ou produire dans nos machines. Vous niez qu'une intervention intelligente, postérieure à la création, ait coordonné les éléments de ces structures. Quelle garantie nous don-

nez-vous donc que les atomes portent en eux, depuis leur état initial, l'influence du manuscrit providentiel où se trouve le plan de leur organisation ?

Cette garantie, nous la cherchons inutilement dans les écrits de vos docteurs. Le plus souvent ils évitent ce sujet; et c'est en vain qu'on les y ramène ; ou bien ils le traitent en langage mystique : les limites de l'expérience ne sont pas celles de la nature; il faut voir au delà des horizons scientifiques, etc. Ne demandez pas à ces illuminés de vous montrer ce qu'ils voient, ils vous diraient que c'est un mystère. M. Tyndall, par exemple, dans son célèbre discours de Belfast, après avoir constaté que « Darwin et Spencer glissent aussi légèrement que possible sur la question de l'origine de la vie, » ajoute : « Il faut pourtant que la question se pose. » Quant à lui, voici la réponse qu'il y fait : « Abandonnant tout déguisement, je crois devoir vous le confesser, je remonte par la pensée *au delà des limites de la démonstration expérimentale*, et j'aperçois dans la matière, dans cette matière que par ignorance et malgré notre prétendu respect pour son Créateur nous avons jusqu'ici couverte d'opprobre, *la promesse et la puissance* de toutes les formes et de toutes les qualités de la vie..... Si l'on regarde jusqu'aux fondements, c'est *par l'opération d'un mystère insoluble* que la vie se dégage, que les espèces se différencient, que l'esprit se déploie, du sein de *ces éléments tout-puissants dans l'abîme du passé* (1). »

(1) The origination of life is a point lightly touched upon, if at all, by Mr. Darwin and Mr. Spencer..... But the question will inevitably be asked.... Abandoning all disguise, the confession that I feel bound to make before you is that I prolong the vision backward across the boundary of the experimental evidence, and discern in that Matter, which we in our ignorance, and notwithstanding our professed reverence for its Creator, have hitherto covered with opprobrium, the promise and potency of every form and quality of life..... Considered fundamentally, it is by the operation of an insoluble mystery that life is evolved, species differentiated, and mind unfolded from their prepotent elements in the immeasurable past.

Voilà bien, en quelques lignes, la thèse clairement énoncée, et l'aveu au moins implicite qu'on ne saurait pas l'établir. Les atomes sont tout-puissants dans le passé lointain, car ils sont destinés à produire dans la suite des temps toute espèce de vie ; ils en ont reçu la promesse et le pouvoir. Nous tiendrons ici pour non avenue l'inconséquence matérialiste qui leur attribue par surcroît les germes de la vie intellectuelle ; elle n'est plus à réfuter dans ce chapitre. Nous demandons seulement quelle est la preuve du reste. — La preuve, répond M. Tyndall, elle est en dehors de l'expérience, en dehors des faits connus ; mais je l'aperçois au delà. Elle est là bas, dans l'abîme du passé, à l'état de mystère insoluble. — Vraiment, Darwin et Spencer étaient-ils si malavisés, quand « ils glissaient légèrement sur l'origine de la vie ? »

Nous pouvons cependant, moins timides que vous, indiquer à l'intérieur des « limites de la démonstration expérimentale, » deux régions où il ne serait pas déraisonnable de chercher la preuve qui vous manque.

On a souvent exploré la première, et souvent on a cru y trouver la preuve tant désirée. Nous voulons parler de ces nombreuses recherches où, en se plaçant dans les conditions en apparence les plus favorables, on croyait voir se former de toutes pièces certains organismes élémentaires. Toujours hélas, l'impitoyable désillusion suivait de près l'erreur ; un habile expérimentateur découvrait et faisait reconnaitre par toutes les autorités scientifiques les légitimes ancêtres de ces générations prétendues spontanées. On sait combien M. Pasteur a remporté de victoires dans ces joûtes célèbres ; mais un fait que nous ne pouvons omettre, c'est que M. Tyndall lui-même s'est distingué sous le même drapeau. Toute cette intéressante histoire a été fort bien racontée par M. Proost sous le titre : *La doctrine des générations spontanées* (1). Il en résulte que cette

(1) *Revue des questions scientifiques*, octobre 1879, pag. 502 et suiv.

première région a été absolument ingrate dans le passé, et qu'elle ne promet pas beaucoup à l'avenir. Voyons ce qu'on trouve dans la seconde.

Là, on observe ce qu'on pourrait appeler les tendances naturelles, et l'on arrive parfois à les constater fort exactement. Qu'est-ce, par exemple, que la grande loi exposée au chapitre VI et intitulée : *Marche de l'énergie dans un sens déterminé ?* C'est, en réalité, la constatation d'une tendance naturelle des atomes à transformer de plus en plus l'énergie visible en énergie vibratoire, et à répandre celle-ci uniformément dans l'univers. C'est bien une découverte expérimentale ; car, si les principes et les calculs de la mécanique rationnelle contribuent à l'établir en même temps que les mesures de la physique, il ne faut pas oublier que la mécanique rationnelle est essentiellement fondée sur l'expérience. Or, depuis bien des années déjà, la chimie organique et la physiologie étudient de mille manières les groupements atomiques et leurs fonctions dans les organismes. Ont-elles découvert une tendance ou même simplement une aptitude naturelle des atomes à se grouper d'eux-mêmes en organes? En ont-elles du moins aperçu quelque trace? Non, elles ont plutôt découvert le contraire. Elles ont constaté que l'*instabilité* est un caractère général des structures organiques, caractère qui ne paraît pas accidentel, mais essentiel et indispensable pour leur fonctionnement. Comment admettre que les atomes peuvent converger d'eux-mêmes vers de pareilles agrégations, quand la seule tendance qu'ils y manifestent, clairement et toujours, est la disposition à s'en séparer? L'instabilité de ces assemblages nous semble bien plutôt un indice, presque une preuve, qu'ils sont le produit d'une influence étrangère à la nature atomique. Dans le cas d'un organisme qui se continue par nutrition ou par reproduction, on peut sans doute, comme nous l'avons fait plus haut, les attribuer à l'influence des organes déjà existants ; mais dans l'organisation originale, où cette influence fait défaut, il ne reste

à invoquer que de véritables forces *extérieures*, non atomiques, forces que la complication savante de leurs résultats nous obligera bientôt à ranger parmi les forces volontaires.

On voit pourquoi M. Tyndall regardait au delà des horizons scientifiques, quand il voulait voir la matière s'organiser spontanément. C'est que la science expérimentale n'a aucun égard pour les chimères et les chasse de son domaine. Qu'importe d'ailleurs, elle aura beau mettre ses faits à la portée du conférencier de Belfast; il regardera par dessus. Pour lui l'organisation spontanée est un dogme ; cela ne se discute pas, cela se croit, c'est un mystère, et dans l'église matérialiste on ne se permet pas, comme dans l'église catholique, d'examiner les motifs de crédibilité. Mais ceux que n'enchaîne pas une foi aussi robuste ne verront dans ce dogme qu'une opinion tout à fait arbitraire, fort peu probable, presque condamnée, ou du moins bien compromise.

Cependant ils pourront encore conserver une partie de la thèse que nous critiquons; et, tout en refusant au monde atomique la première formation des organismes, lui en attribuer le développement, comme nous lui en avons attribué la conservation. La plupart des savants qui patronnent aujourd'hui le transformisme semblent avoir adopté cette opinion moyenne. Darwin lui-même, dans la dernière édition de son ouvrage célèbre, attribue encore l'origine de la vie à l'intervention du Créateur. « Il y a, dit-il, une certaine grandeur à considérer la vie, avec toutes ses propriétés, comme ayant primitivement été donnée par le Créateur à un petit nombre de formes ou même à une forme unique, et à penser que, tandis que notre planète décrivait ses révolutions autour du soleil en vertu de la loi immuable de la pesanteur, un commencement si simple donnait et donne encore naissance, par voie d'évolution, à une série infinie de formes si belles et si admirables. »

Réduite à ces proportions, la thèse peut invoquer en sa faveur de sérieux arguments, et supporter la discussion scientifique ; mais en revanche elle perd toute valeur aux yeux des matérialistes. M. Tyndall, qui le reconnaît, le reproche à Darwin sur un ton aigre-doux. « Si l'on se contente de diminuer le nombre des formes créées, dit-il, je ne vois pas ce qu'on y gagne. L'anthropomorphisme, que M. Darwin semblait vouloir écarter, se retrouve aussi bien dans la création de quelques formes que dans celle d'un grand nombre (1). » — Non, vraiment, on n'y gagne rien, sinon de rester dans « les limites de la démonstration expérimentale ; » mais est-il bien habile d'avouer ainsi que votre seule raison de franchir ces limites, c'est votre antipathie pour ce que vous appelez si ingénieusement l'anthropomorphisme ?

Contre la thèse ainsi réduite nous croyons avoir des arguments péremptoires ; mais, pour qu'on puisse les apprécier, il faut donner d'abord une juste idée, et de la doctrine à laquelle nous les opposons, et des raisons générales sur lesquelles elle se fonde. Cette tâche nous est singulièrement facilitée par un fort bel article, publié récemment dans la revue anglaise *The nineteenth Century ;* article qui a précisément pour but, comme l'auteur le déclare « de permettre à tout lecteur intelligent, même s'il n'est pas naturaliste, de se former une idée claire de ce que signifie réellement l'origine des espèces par voie de sélection naturelle,» et qui est signé Alfred R. Wallace (2). Or on sait que M. Wallace fut, en même temps que Darwin, le fondateur de cette doctrine, que ses beaux travaux ont puissamment servi à la corroborer et à la répandre et que, s'il n'a pas

(1) With regard to the diminution of the number of created forms, one does not see that much advantage is gained by it. The anthropomorphism which it seemed the object of Mr. Darwin to set aside, is as firmly associated with the creation of a few forms, as with the creation of a multitude. *Prof. Tyndall's Address at Belfast.*

(2) Nous n'avons pu nous procurer le texte anglais de cet article ; nous le citons d'après la traduction publiée dans la *Revue scientifique*, 17 janv. 1880.

acquis la bruyante popularité de Darwin, c'est uniquement à sa modestie qu'il faut l'attribuer.

« Il me semble facile, dit M. Wallace, de répondre à tous ceux qui nient que les différentes *espèces* d'un même *genre* descendent d'une espèce unique, ou même que toutes les espèces et tous les genres d'une même *famille* proviennent d'un ancêtre encore plus éloigné. En effet, nous possédons des preuves directes et presque équivalentes à une démonstration complète que des changements, dans les limites que nous venons d'indiquer, peuvent être produits par les lois de variation connues et l'action constatée de la sélection naturelle. Mais si nous remontons plus haut, et que nous cherchions à expliquer par les mêmes lois l'origine des *familles* distinctes, des *ordres* et des *classes* d'animaux, les preuves deviennent bien moins claires et moins décisives. Nous trouvons certains groupes pourvus d'organes dont aucun rudiment n'existe dans d'autres groupes ; nous trouvons des classes dont l'organisation diffère radicalement de celle des autres classes, et nous n'avons sur l'accomplissement actuel des transformations de ce genre aucune des preuves directes que nous possédons sur celui des transformations moins grandes qui donnent des espèces et des genres nouveaux. Malgré cela, il existe des preuves très fortes qui semblent démontrer que ces changements plus profonds et plus importants, dans la structure des êtres organisés, se sont opérés graduellement par la voie ordinaire de la génération. Les nombreux anneaux intermédiaires que l'on a découverts et dans les espèces existantes et dans les espèces éteintes, et surtout la ressemblance merveilleuse que l'on peut constater dans le développement embryologique des types vivants les plus divers, nous amènent forcément à conclure que le règne animal et le règne végétal tout entiers doivent les formes si diverses qu'ils nous présentent maintenant à une loi continue de *descendance avec modification* de quelques types primitifs. »

Ainsi donc, tous les organismes végétaux et animaux proviendraient « par la voie ordinaire de la génération » de quelques types primitifs, évidemment peu nombreux. Nous en trouverions la preuve à peu près irréfragable dans les « anneaux intermédiaires » et dans la marche du développement embryologique. Telle serait la règle absolument générale, indépendante de la profondeur et de la multiplicité des différences ; seulement les différences, relativement faibles, qui séparent les espèces et les genres trouveraient leur explication complète et certaine dans les lois connues de la variation et l'action constatée de la sélection naturelle ; tandis que les différences, beaucoup plus importantes, qui séparent les familles, les ordres et les classes, seraient encore pour nous inexpliquées. Ces dernières peuvent dépendre, dit M. Wallace, « de faits et de lois que nous ne connaissons pas d'une manière certaine. Les noms de lois de *croissance*, lois de *développement*, lois d'*hérédité*, lois de *variation*, lois de *corrélation*, *action directe du milieu*, lois d'*habitude* et d'*instinct*, et quelques autres encore, sont employés pour exprimer l'action de causes qui nous sont presque aussi inconnues que la nature de la vie elle-même. » La seule conjecture qu'il se permette sur un point si obscur est que la même force inconnue qui actuellement fait naître, de cellules primitives apparemment identiques, ici un mollusque, là une grenouille, ailleurs un mammifère, pourrait bien avoir déterminé jadis la première apparition de ces différences ; et sans rien risquer de plus précis, il consacre tout le reste de son travail à la seule portion du problème qui lui paraisse aujourd'hui bien éclaircie, à l'origine des espèces et des genres. Essayons de résumer brièvement cette explication.

Tout changement de climat doit troubler l'équilibre qui s'était précédemment établi dans la faune et la flore d'un pays, et l'on conçoit sans peine que la disparition d'anciennes espèces et l'introduction de nouvelles en soient la

première conséquence ; mais une seconde conséquence, plus importante à notre point de vue, sera la transformation des anciens types organiques.

Pour le faire voir, M. Wallace montre d'abord que, contrairement à un préjugé fort général, il y a, même chez les animaux sauvages, de très grandes différences entre les individus d'une même espèce. D'après les observations et les mesures d'un naturaliste américain, M. J.-A. Allen, on trouve chez les oiseaux, dans une même localité, des différences *individuelles* étonnantes, dans la teinte générale et la distribution des couleurs et des taches, dans la taille et les proportions, dans la longueur de la tête, des pieds, des ailes et de la queue, dans celle de certaines plumes particulières, ce qui change la forme de l'aile ou de la queue, dans celle des tarses et des doigts, enfin dans la longueur, la largeur, l'épaisseur et la courbure du bec. Ces variations atteignent souvent le septième, le sixième, et parfois même le quart des dimensions moyennes. De plus, ces inégalités se superposent souvent d'une façon assez capricieuse. Les individus les plus grands n'ont pas toujours les ailes ou la queue les plus longues, et chez les plus petits ces parties ne sont pas toujours les plus courtes. Les proportions des différentes parties de l'aile varient d'une manière tout à fait indépendante des dimensions absolues. La longueur d'un doigt n'est pas toujours dans le même rapport avec celle du tarse. Une longue tête accompagne quelquefois une aile longue et quelquefois une courte. La largeur du bec semble indépendante de sa longueur ou de celle de toutes les autres parties du corps. Des faits du même genre constatés sur des mammifères par le même naturaliste, permettent déjà de regarder comme un résultat d'observation ces inégalités individuelles qu'on devait s'attendre à trouver dans toutes les espèces, vu la grande complexité des influences auxquelles chaque organisme est soumis dans sa formation.

A ce premier fait il faut joindre les suivants. Les grandes

inégalités individuelles n'empêchent pas qu'à chaque espèce ne corresponde ordinairement un *type* bien déterminé, formé par la réunion des caractères moyens. Si, de plus, l'on essaye de ranger tous les individus de cette espèce d'après le développement plus ou moins grand d'un caractère quelconque, simple ou composé, on trouvera presque toujours que le développement moyen appartient à un grand nombre d'individus, tandis que des deux côtés les extrêmes sont représentés par des nombres plus petits. M. Wallace aurait pu invoquer ici les recherches anthropométriques et la *loi binomiale* de Quetelet. En représentant le développement du caractère par la longueur de l'*abscisse* et les nombres correspondants d'individus par celle de l'*ordonnée*, il trouverait dans chaque cas une courbe, ayant un maximum très prononcé vers le milieu, et s'abaissant à droite et à gauche avec une évidente symétrie. Tel serait le cas dans chaque région où, par suite de la constance du milieu, l'équilibre des espèces serait bien établi. Mais il est au moins intéressant de le remarquer, le *type* lui-même varie avec les régions, même chez les espèces sauvages. Dans l'Amérique du Nord, suivant M. Allen, on voit les oiseaux de la même espèce devenir plus petits à mesure que l'on avance vers le sud, et plus grands à mesure que l'on remonte au nord. Pour les mammifères, leur taille diminue, quand on va, soit au nord, soit au sud, à partir d'une certaine latitude où elle atteint son maximum. Le bec de la plupart des oiseaux s'allonge à mesure qu'on va vers le sud, tantôt d'une façon relative, tantôt même d'une façon absolue, de sorte que, pour une espèce donnée, les oiseaux du sud, qui sont plus petits, ont le bec plus long que ceux du nord dont le corps est plus grand. Les couleurs des oiseaux changent de même avec la latitude et la longitude. Les plumages sombres deviennent plus foncés dans le sud; les raies, jaunes ou rouges, s'accentuent davantage, etc., etc. Mais ces faits de variation géographique ont, à notre point de vue, moins d'importance que les précédents.

Ceux-ci, en effet, permettent de concevoir aisément comment un changement de climat, ou plus généralement un changement de milieu dans une région donnée, doit faire varier les formes organiques, de manière à produire, suivant M. Wallace, de nouvelles espèces et de nouveaux genres. Il peut arriver, nous dit-il, que les conditions physiques ou organiques particulières qui rendent une partie de la région plus favorable à une variété extrême, deviennent prédominantes. Celle-ci aura alors l'avantage, et se multipliera aux dépens des autres. « Si ce changement de condition s'étend à toute la région qu'occupe l'espèce, cette seule forme extrême remplacera toutes les autres. Au contraire, si la région se trouve coupée en deux par un affaissement ou un soulèvement du sol, les conditions des deux parties pourront être modifiées en sens contraires, chacune devenant favorable à une variété extrême. Le type primitif de l'espèce s'éteindra bientôt, et sera remplacé par deux espèces, qui se distingueront l'une de l'autre par une réunion de caractères extrêmes qui d'abord existaient dans certaines variétés de l'espèce primitive. Les changements de conditions qui déterminent de telles sélections sont de nature très diverse, de sorte qu'il peut se former des espèces nouvelles qui s'écartent de bien des manières de la souche primitive. Le climat peut passer de l'humide au sec ou réciproquement ; la température peut s'élever ou s'abaisser pendant un espace de temps très long, ce qui nécessitera un changement correspondant dans la constitution, la fourrure, l'alimentation des animaux ; à ces exigences correspondra une sélection de variations de couleur, d'agilité, de longueur de bec ou de force dans les griffes. Il se peut aussi que des rivaux ou des ennemis arrivent d'autres pays, de sorte que l'avantage restera aux variétés qui peuvent changer de nourriture ou échapper à leurs adversaires par un vol plus rapide ou une vigilance supérieure. Plusieurs séries de changements peuvent s'opérer ainsi, tous déterminés par l'influence de conditions

nouvelles ; et ainsi ce qui n'était d'abord qu'une seule espèce peut se transformer en un groupe d'espèces alliées, ne différant entre elles que par un certain nombre de caractères peu marqués, comme nous les voyons dans la nature. »

En d'autres termes, quand les milieux se modifient, la distribution des inégalités entre les individus ne peut plus rester la même ; celles qui autrefois étaient les moins favorisées, peuvent maintenant l'emporter, et elles l'emporteront graduellement par l'effet de la sélection naturelle. Les maxima se déplacent alors sur les courbes binomiales, et plusieurs maxima différents peuvent se produire sur chacune, grâce aux irrégularités du changement de milieu. Lorsqu'un nouvel équilibre sera enfin établi, les caractères correspondants à ces maxima pourront se grouper en plusieurs nouveaux types qui remplaceront l'ancien. A ces nouveaux types correspondent, suivant M. Wallace, de nouvelles *espèces*, si les caractères altérés n'appartiennent qu'à l'*apparence* comme, par exemple, la grandeur, la couleur ou les taches, la forme et les dimensions d'appendices superficiels, tels que les cornes, la crête, la crinière et les plumes qui servent d'ornement. Mais il ajoute que les inégalités individuelles, constatées par l'observation, portent aussi sur la forme et la *structure* des organes importants, tels que les dents, le bec, les pattes et les ailes, et que si ces dernières inégalités arrivent à se développer et à se grouper en plusieurs types, par le procédé qui vient d'être décrit pour les autres, les types correspondants appartiendront désormais à des *genres* différents. Presque toujours, suivant lui, ces types sortiront d'un groupe étendu et dominant, ils hériteront donc de la vigueur de leurs ancêtres et de leur facilité à s'adapter à de nouvelles conditions; ils pourront donc s'étendre avec le temps et se subdiviser en beaucoup d'espèces, traverser même plusieurs époques géologiques. Le plus souvent cependant une longue série de changements de milieu sera une épreuve à laquelle ils

ne pourront résister et, leurs espèces s'éteignant successivement, ils finiront par disparaître.

Si nous ajoutons la remarque que l'extrême lenteur des changements de milieu et la grande mortalité annuelle qui équilibre la multiplication rapide des animaux donnent large carrière à l'influence de la sélection naturelle, nous aurons fort honnêtement résumé, sans l'affaiblir, le travail de l'illustre naturaliste. Il nous reste à le critiquer.

Commençons par la partie principale qui est évidemment cette ingénieuse explication de l'origine des espèces et des genres. Nous ne lui adresserons qu'un seul reproche, mais on verra bientôt que ce reproche est suffisant : Vous ne mettez dans vos prémisses que la variation des formes, et vous mettez dans votre conclusion la formation de nouvelles espèces ; comme si les formes constituaient à elles seules tout ce qui est essentiel dans la notion de l'espèce. — Et cependant, au début même de votre article, vous reconnaissez le contraire, et vous donnez une importance prépondérante à un autre élément, à la descendance. Vous dites en effet : « Une espèce est un groupe d'animaux ou de plantes multipliant librement et reproduisant des êtres semblables à eux ; d'où il résulte que tous les individus d'une espèce, existant actuellement ou ayant autrefois existé, descendent d'un petit nombre de parents communs, ou peut-être d'un seul couple. Tous les chevaux, par exemple, — poneys des Shetland, chevaux de course ou chevaux de charrette, — ne forment qu'une seule espèce, *parce qu'ils s'accouplent librement ensemble et, nous le savons, proviennent de la même souche.* » Or, il est bien facile de montrer que, avec cette notion de l'espèce, on peut admettre toute la suite de variations morphologiques que M. Wallace a si bien décrite comme résultant des changements de milieu et de la sélection, sans admettre cependant la formation de nouvelles espèces, ni *à fortiori* de nouveaux genres. Il suffit d'en appeler aux plantes et

aux animaux domestiqués, dont le milieu, grâce à l'intervention de l'homme, transforme beaucoup plus rapidement que celui des organismes sauvages. Nous y voyons souvent un type unique se diviser en plusieurs types, dont les différences caractéristiques ne portent pas seulement sur l'*apparence*, mais sur la *structure* d'organes importants. Le petit carlin, par exemple, a le crâne raccourci, le museau tronqué, le corps ramassé, quatre doigts seulement aux pattes de derrière; le grand levrier a le museau long, le corps élancé, et cinq orteils au lieu de quatre aux pattes de derrière (1). Suivant la théorie transformiste de M. Wallace, le carlin et le levrier constitueraient des espèces appartenant à deux genres différents; suivant sa définition de l'espèce, que dans ce cas sans doute il ne songerait pas à abandonner, il faudrait les considérer comme deux « variétés » appartenant à la même espèce. Il y a donc contradiction entre sa théorie et ses principes.

Laissons ce genre d'argument qui semble ne viser qu'une théorie particulière; nous pouvons sans crainte élargir notre critique. Tout en admettant que la sélection naturelle, avec les changements de milieu, peut et doit naturellement amener de nouveaux types organiques, nous prétendons que ni ce procédé, ni aucun autre résultant des seules actions nécessaires de la matière, n'ont produit d'espèces nouvelles ou, pour parler plus exactement, n'ont divisé une espèce unique en plusieurs espèces distinctes; et nous allons démontrer cette assertion par des faits bien étudiés.

Mettant d'abord de côté toute discussion sur ce qui constitue essentiellement la notion de l'espèce, on reconnaîtra aisément le fait suivant. Sous le rapport des caractères morphologiques, il est possible de distribuer les organismes individuels en groupes, tels que les individus de chaque

(1) Nous empruntons ce rapprochement à M. de Quatrefages.

groupe aient entre eux une très grande ressemblance de caractères, et se distinguent nettement des membres de tous les autres. A chacun de ces groupes correspond un *type* organique, formé par la réunion des caractères moyens, et autour duquel tous les individus, avec leurs petites inégalités, se rangent régulièrement suivant la loi binomiale. Inutile de prouver qu'une pareille distribution est possible, puisqu'en fait elle existe dans les classifications de la botanique et de la zoologie ; seulement ici, pour ne rien préjuger et pour éviter toute confusion, nous ne donnerons pas le nom d'*espèces* à ces groupes, constitués uniquement par l'étude des caractères morphologiques ; nous les appellerons des *races*. On dira peut-être que la base de la classification est un peu vague et que, par suite, deux classificateurs différents pourraient bien arriver à des groupes différents. Nous répondons : Le second admettra peut-être plus de groupes que le premier, il *subdivisera* tel ou tel groupe de celui-ci; mais jamais il ne détachera de deux ou plusieurs groupes distingués par l'autre des portions qu'il réunira lui-même en une seule race. Tel est le fait universellement reconnu. Il n'y a qu'une remarque à y ajouter. C'est qu'après le groupement général ainsi exécuté, il restera quelques individus non classés, en trop petit nombre cependant pour qu'on puisse en former de nouveaux groupes ; ils s'appelleront, suivant les cas, des *métis*, des *hybrides*, ou des *monstres*. Avant de caractériser leur position dans le monde organique, il faut rappeler des faits et des lois expérimentales, qui sont ici d'une importance souveraine. Les détails et les observations particulières qui leur servent de démonstration, et que nous sommes obligé de supprimer, le lecteur les trouvera, magistralement exposés, dans les ouvrages de M. de Quatrefages, notamment dans deux leçons faites par lui au Muséum et publiées par la *Revue des cours scientifiques* (1).

(1) 9 janvier 1869, *Fécondité des métis et des hybrides chez les végétaux;* et 23 janvier 1869, *Fécondité des métis et des hybrides chez les animaux.*

Si la division de l'ensemble des organismes en races est poussée suffisamment loin, on peut dire que toujours, dans les conditions normales et à moins de maladies ou de lésions individuelles, l'accouplement de deux individus appartenant à *la même race*, est fécond. Les nouveaux organismes, produits de cet accouplement, appartiennent aussi à la même race ; ils se rangent sous le même type.

L'accouplement de deux individus sains appartenant à *des races différentes*, donne suivant les cas trois résultats nettement distincts, caractérisés respectivement par les trois mots : *métissage*, *hybridation*, *infécondité*.

Ce troisième résultat, tout à fait négatif, n'a pas besoin d'explication. Il se présente toujours, lorsque les types des deux races sont fort différents l'un de l'autre. Dans les deux autres cas, l'accouplement est fécond, mais les produits ne se ressemblent guère. Les *métis*, quels que soient d'ailleurs leurs rapports de forme avec les deux types de leurs parents, sont des organismes où l'on trouve l'équilibre normal entre les facultés qui servent à la conservation de l'individu, et celles qui servent à la production de nouveaux organismes. Dans l'*hybride*, au contraire, ces dernières facultés sont toujours profondément atteintes, mais par une singulière compensation les autres sont souvent exaltées. Les *métis* sont aussi féconds que leurs parents, il n'est pas même rare qu'ils le soient plus. Leurs descendants seront aussi féconds qu'eux-mêmes, leur lignée peut être indéfinie et fonder un nouveau type de race. Les *hybrides* sont presque toujours inféconds ; mais, s'il y a parfois quelques exceptions à cette règle, ce qui ne manque jamais c'est que la trace de leur descendance est fatalement condamnée à disparaître, soit par la stérilité absolue après un très petit nombre de générations, soit par le retour à l'un des deux types primitifs sans aucun souvenir du croisement. Il est d'ailleurs bien entendu que le métissage et l'hybridation ne se présentent pas au hasard et irrégulièrement. Entre deux *races* données, quand l'union n'est

pas inféconde, il n'y a jamais qu'un de ces résultats, toujours le même, quels que soient les *individus* accouplés.

Les faits si brièvement résumés en lois sont une conquête certaine de l'expérience. Les conditions dans lesquelles on les a constatés sont trop variées, les observations sont trop nombreuses et trop régulièrement concordantes, pour qu'on puisse les regarder comme des cas fortuits ou exceptionnels. L'on est donc en droit de les généraliser par l'induction, et de les appliquer même aux races sur lesquelles il n'a pas été possible d'expérimenter ; en un mot, de les regarder comme des lois générales de la reproduction organique. Ces lois ont, pour le moins, autant de certitude et de généralité que les lois de *croissance*, de *développement*, d'*hérédité*, de *variation*, etc., dont nous parlait tout à l'heure M. Wallace, et il est évident qu'elles sont beaucoup plus précises. Il faut donc se résigner à admettre les conséquences nécessaires qui en découlent.

Elles nous permettent d'abord d'attribuer leur véritable importance aux quelques individus qui, on s'en souvient, n'ont pu entrer dans le groupement en races. Parmi eux, les métis qui ne forment pas encore de races sont généralement, par leurs caractères, intermédiaires entre deux races déjà constituées. On les appelle des *variétés*. Si leurs particularités ne se fixent pas, ils n'ont aucune importance dans la question du développement des types organiques ; si elles se fixent, c'est-à-dire, si elles se transmettent par l'hérédité et se répandent sur un grand nombre d'individus, les variétés deviennent de véritables races qui vont se placer à côté des autres. Quant aux hybrides, il est clair qu'ils n'exercent aucune influence sur le développement des types, puisque, en vertu des lois exposées, leurs particularités sont fatalement condamnées à disparaître ; et il en faut dire autant des monstres, organismes rares et isolés, dont les excentricités, résultant ordinairement d'une lésion, ne se transmettent pas.

Les mêmes lois nous permettent ensuite, et ceci est beaucoup plus important et plus général, de distribuer très nettement toutes les races en groupes *naturels*, auxquels nous réservons le nom d'*espèces*. Nous disons que deux types différents appartiennent à la même espèce, si leur accouplement dans des conditions normales donne lieu au métissage, et à des espèces différentes, s'il n'a pour résultat que l'hybridation ou l'infécondité.

Qu'on veuille bien le remarquer, cette définition de l'espèce n'exprime pas une simple convention ; elle exprime, parce qu'elle le suppose, un fait qui, comme les précédents, est parfaitement constaté par l'observation. Ce fait, qui complète la série des autres, en voici l'énoncé sous forme de théorème :

Soient A et B deux types différents dont l'accouplement mène au métissage, et C un troisième type quelconque. Si l'accouplement AC mène au métissage, il en sera de même de l'accouplement BC. Si l'accouplement AC mène à l'hybridation ou à l'infécondité, l'accouplement BC aura lui-même un de ces deux résultats.

L'espèce est donc un groupe naturel, nettement caractérisé par la fécondité qui est entière, quelles que soient les différences de formes, dans les rapports des individus qui le composent, et qui disparaît ou du moins n'a aucune conséquence durable entre ces individus et ceux des autres groupes . L'existence de l'espèce ainsi entendue est, on va le voir, un des faits les plus considérables du monde organique ; mais avant d'en déduire les conséquences, il convient de répondre à une difficulté qui se présente d'elle-même. L'accouplement est le criterium théorique qui nous permet de classer les races en espèces. N'est-ce pas un criterium illusoire dans la pratique, impossible à appliquer dans la plupart des cas ? Sans parler des races sauvages sur lesquelles nous ne pouvons expérimenter, quel service peut-il rendre dans la classification des races éteintes ? — Nous répondons que l'expérience appliquée aux organismes

actuellement vivants permet d'établir, comme des lois au moins très probables, les rapports entre les différences morphologiques et la fécondité possible des unions ; et par suite, tout en accordant à celle-ci la priorité théorique, il sera généralement permis de lui substituer les formes dans la détermination pratique des espèces. Parfois sans doute la substitution laissera planer quelque incertitude, mais souvent aussi elle pourra se faire avec une extrême probabilité. Quoi qu'il en soit, les conséquences théoriques que nous allons déduire sont parfaitement indépendantes de l'application pratique des théorèmes à la classification.

La première est que les espèces du monde organique forment un ensemble qui, à un certain point de vue, est proprement et rigoureusement *discontinu*. Sans doute, au point de vue morphologique, il y a, entre les espèces, des affinités multiples et fort remarquables, quelque chose qui approche, si l'on veut, de la continuité ; nous reconnaissons le fait, et nous admettons qu'il a besoin d'explication ; mais au point de vue de la reproduction, les espèces sont absolument séparées. Tandis que les races les plus diverses dans une même espèce, comme le carlin et le levrier, peuvent produire des métis indéfiniment féconds ; les races les plus analogues par l'ensemble de leurs caractères, si elles appartiennent à des espèces différentes, comme le poney et l'âne, peuvent au plus donner des hybrides, ce qui pour le développement des types organiques équivaut à la stérilité. Il y a donc une enceinte infranchissable autour de chaque espèce et, par suite, il y a une discontinuité naturelle dans l'ensemble. C'est là aussi un fait avec lequel toute théorie doit compter, et que les transformistes actuels négligent complètement. Ainsi M. Wallace, dans le travail analysé plus haut, n'y fait pas même une lointaine allusion.

Une seconde conséquence, également nécessaire, est qu'une espèce n'a jamais qu'une seule ligne d'ancêtres, et

ce fait permet d'attacher un sens précis au développement du type spécifique. Il n'en est donc pas des espèces comme des individus. Chaque organisme individuel a deux parents; ceux-ci en ont quatre, qui en ont eu huit, et ainsi de suite. Auquel de ces nombreux ancêtres à une époque donnée faudrait-il comparer l'individu actuel pour apprécier les changements que le temps a produits dans cet organisme? Pour l'espèce, la difficulté disparaît ; car, l'union de deux espèces ne pouvant rien produire, jamais deux espèces n'ont de descendants communs ; jamais, par conséquent, une espèce ne peut avoir deux ancêtres distincts et contemporains ; elle n'a jamais qu'un ancêtre à chaque époque. Sa généalogie se *remonte* donc sur une seule ligne sans bifurcation ; et pour étudier son développement, il suffit de comparer les types organiques qui la composent actuellement avec ceux qui la composaient à une époque quelconque.

La troisième conséquence, beaucoup plus importante pour l'histoire de la formation organique, est que cette généalogie spécifique se *descend* comme elle se remonte, sur une ligne sans bifurcation, c'est-à-dire, comme nous l'avons annoncé tout à l'heure, qu'une espèce n'arrive pas avec le temps à se diviser naturellement en deux ou plusieurs espèces distinctes. Il va sans dire que les transformistes actuels, tout en admettant sans trop de peine la conséquence précédente, n'admettent pas celle-ci. Suivant eux, en descendant la généalogie organique, on se trouverait au contraire très souvent devant de nouvelles bifurcations. L'histoire des organismes serait assez bien représentée par les nervures d'une feuille : à l'origine une ou plusieurs nervures en petit nombre ; chacune de celles-ci se diviserait et se subdiviserait de plus en plus, de façon que le nombre des lignes tendrait sans cesse à augmenter à mesure que les siècles s'écoulent ; cependant, ici et là, plusieurs s'interrompraient, représentant ainsi des espèces éteintes qui n'auraient pas laissé de descendants ; les autres, en continuant à

se développer, arriveraient à la faune et à la flore actuelle. Telle est bien l'image qu'ils se forment ordinairement ; plusieurs peut-être n'hésiteraient pas à la compliquer encore, en y ajoutant des nervures transversales ; car il est bien des faits particuliers qui, résistant à l'explication par la sélection naturelle, doivent leur conseiller cette complication. On en trouvera des exemples vers la fin d'un discours de M. Broca à la Société d'anthropologie de Paris, publié dans la *Revue des cours scientifiques* (1). Pour nous, au contraire, la vie d'une espèce se déroule, comme celle d'un individu, sur une seule ligne depuis sa naissance jusqu'à sa mort. A divers points, c'est-à-dire, à diverses époques, peuvent correspondre des caractères morphologiques différents, mais l'unité du sujet reste parfaitement accusée d'un bout à l'autre. Voici comment on peut le démontrer.

Il n'y a évidemment qu'une manière de concevoir qu'une espèce unique puisse naturellement engendrer deux espèces distinctes ; c'est d'admettre que deux de ses races puissent modifier suffisamment leur type pour devenir, par la suite des temps, incapables de métissage. Les faits autorisent-ils cette supposition ? Malgré toute l'étendue des variations de types que l'homme a pu observer et produire dans les végétaux et les animaux, toujours jusqu'ici elles ont été insuffisantes ; jamais on n'a encore observé ni produit une seule bifurcation d'espèce. Il faudrait donc admettre une *variabilité* plus grande que ne le justifient les variations observées. Eh bien ! accordons cette variabilité indispensable et non démontrée ; car les quelques milliers d'années sur lesquelles s'étendent nos observations, bien que leur influence soit multipliée par la sélection artificielle, sont peu de chose comparées à l'âge des organismes.

(1) 30 juillet 1870, *Le Transformisme*. — M. Broca est souvent, on le sait, tourmenté de préoccupations extrascientifiques, et l'on en peut trouver plus d'une trace dans ce discours ; mais la partie à laquelle nous renvoyons ici est à peu près indépendante de ses préjugés.

Certains transformistes ont calculé qu'il faut au moins 50 000 ans pour amener une bifurcation. Mais qu'ils y prennent garde ; cette grande variabilité et ces longues périodes sont des armes à deux tranchants. Pendant qu'elles permettent aux deux races extrêmes de se séparer de plus en plus, elles développent aussi de plus en plus les races intermédiaires, et même elles tendent à assurer la prépondérance de celles-ci. Car il en est des types de races dans l'espèce, comme des individus dans la race. Exactement pour les mêmes raisons, dès qu'ils se multiplient, ils doivent se ranger suivant la loi binomiale, de façon que les types moyens soient toujours les plus importants, et que dans le développement général ils le deviennent de plus en plus. Au moment donc où les deux races extrêmes seront, par hypothèse, devenues incapables de produire entre elles le métissage, il devra exister une foule de races intermédiaires encore capables de le produire avec chacune d'elles. Et à supposer que le monde organique actuel résulte tout entier, comme les transformistes l'affirment, de séparations semblables, il devrait, au point de vue du métissage, présenter généralement le même genre de continuité qu'un fil de coton, où aucun brin ne s'étend d'un bout à l'autre, mais où cependant, chaque brin recouvrant en partie ses voisins, il n'y a aucune solution complète.

Entre deux races quelconques, A et F par exemple, incapables de descendance commune, on devrait trouver généralement une série d'autres races, B, C, D, E, dont les accouplements AB, BC, CD, DE, EF, produiraient le métissage. Telle devrait être, bien évidemment, la règle générale dans le monde organique actuel, si les espèces pouvaient se bifurquer naturellement. Et cependant le fait est là, patent, irrécusable ; cette règle générale n'est pas même une exception. On ne connaît pas un seul cas où un même type ait produit des métis avec deux autres types incapables d'en produire entre eux. La série organique est, sous ce rapport, invariablement et parfaitement

discontinue. Son fil de coton est coupé en autant de petits tronçons qu'il y a d'espèces.

Mais si les influences extérieures, les variations de milieu, avaient précisément pour effet de supprimer tous les intermédiaires? — Alors sans doute on aurait un cas admissible de bifurcation. Seulement, quelles sont ces influences, assez puissantes pour lutter toujours victorieusement, elles qui ne sont que des causes *accidentelles*, avec la cause *constante et intrinsèque* qui travaille sans cesse à rétablir les types disparus? Supposons que dans un pays désert, sur un sol convenable, il y ait un chêne isolé. Les glands qui en tomberont produiront de nouveaux chênes dans le voisinage, et peu à peu il se formera une forêt. Si de siècle en siècle on mesure la distance des deux chênes les plus éloignés l'un de l'autre, on verra cette distance augmenter toujours, pourvu qu'il n'y ait pas d'obstacle à l'extension de la forêt. C'est ainsi que nos deux races extrêmes allaient toujours en s'éloignant, parce que nous avions accordé une variabilité sans limites. Mais ces deux chênes les plus distants seront reliés par des intermédiaires. Pour faire disparaître ceux-ci, il faut une cause extérieure, un déluge, un incendie, une tempête, un tremblement de terre ; et il faut que cette cause respecte les extrêmes. Admettons son intervention ; dès qu'elle aura faibli, la forêt éclaircie, qui possède une tendance intrinsèque à s'étendre en tous sens, produira de nouveaux intermédiaires et travaillera à rétablir la continuité. On peut bien admettre que, dans un cas particulier, elle n'y parvienne pas ; mais ce qu'on ne peut pas admettre, c'est que jamais dans aucun cas elle n'y réussisse. La règle générale, démontrée par le calcul des probabilités, c'est que les causes constantes et intrinsèques doivent l'emporter sur les causes variables et extérieures. Ce que les transformistes admettent, c'est que jamais une seule fois cette règle ne se vérifie dans le monde organique, et que, dans des milliers de cas, c'est l'exception absolument improbable qui s'est réalisée. Il n'y a, pensons-nous,

qu'une seule manière de faire passer une pareille énormité ; ce serait d'inventer une nouvelle loi mystique qu'on appellerait : *loi de suppression des intermédiaires.*

C'est donc en vain que M. Wallace, en exposant l'explication transformiste de l'origine des espèces et des genres, ne nous en a montré que l'aspect séduisant. Cette explication était incomplète, puisqu'elle ne parlait que des formes et oubliait les lois de la descendance. Nous y avons adapté cette partie essentielle, et nous avons vu s'écrouler, non pas précisément l'explication tout entière puisque nous en gardons ce qui concerne la variation des types, mais la multiplication des espèces qui, malgré les confusions transformistes, n'est pas du tout la même chose.

Il nous reste à critiquer de même ce que M. Wallace dit de l'origine des familles, des ordres et des classes; mais nous sommes obligé, faute de place, d'interrompre ici ce chapitre, et d'en renvoyer la fin à une autre livraison.

(*La fin prochainement*)

I. Carbonnelle S. J.

LA TEMPÉRATURE DU CORPS HUMAIN

ET SES VARIATIONS DANS LES MALADIES.

C'est le propre de tous les animaux, de produire de la chaleur et de conserver une température supérieure à celle du milieu dans lequel ils vivent ; quelle que soit leur place dans l'échelle des êtres, ils jouissent tous de cette propriété, mais à des degrés divers.

Les mammifères et les oiseaux, auxquels les naturalistes ont donné de tout temps le nom d'animaux à *sang chaud*, résistent avec une telle énergie aux influences extérieures, qu'ils conservent une température sensiblement constante, toujours la même pour une même espèce. L'âge, le climat, la saison, l'alimentation ont une action presque nulle.

Dans leurs voyages d'exploration aux régions polaires, le capitaine Parry et le capitaine Back ont constaté que des mammifères et des oiseaux peuvent maintenir leur température propre à 60 et même 79 degrés au-dessus de celle de l'atmosphère.

L'homme a la même propriété, il peut braver les froids les plus rigoureux et subir des chaleurs torrides, sans que sa température propre en soit notablement modifiée. Il résulte des observations de J. Davy, que la température des

matelots ne s'élève pas de plus de *un* degré, lorsque des climats froids de l'Europe septentrionale ils passent aux régions les plus chaudes de la terre intertropicale. C'est entre 36°,5 et 37°,5 que ces variations se produisent. Nous ne parlons ici que de la température centrale, la seule qui soit invariable. Les températures périphériques, celles des mains, des pieds, de la face etc., varient au contraire avec la température des milieux et les moyens de protection employés pour diminuer les pertes de calorique.

La puissance de calorification n'est pas la même chez les diverses espèces d'animaux à sang chaud. Tandis que chez les oiseaux elle varie entre 39°,44 et 43°,90 celle des mammifères est comprise entre 35°,50 et 40°,50.

Voici un tableau qui donne une juste idée de l'étendue et de l'importance des variations individuelles de la température de divers animaux.

TEMPÉRATURE DES OISEAUX (1)

Désignation de l'animal.	Température propre de l'animal.
Pétrel	40°,30 40°,80
Perroquet	41°,10
Oie commune	41°,70
Choucas	42°,10
Chat-huant	40° 40°,91
Chouette	41°,47
Héron	41°
Moineau bien couvert de plumes	39°,08
Moineau commun	41°,67 41°,96 42°,10
Bruant	42°,88
Tiercelet	41°,47

(1) Ce tableau est emprunté à Gavarret, qui lui-même l'a composé avec les resultats obtenus par divers observateurs.

Pigeon	de 41°,80 à 43°,30
Coq.	39°,44 40°
Poule commune	de 39°,44 à 43°,90
Canard commun	42°,50 43°,90
Corneille	41°,17
Corbeau	42°,91

TEMPÉRATURE DES MAMMIFÈRES.

Cheval de France	36°,90
Cheval arabe	37°,50
Rat commun	38°,80
Lièvre commun	37°,80
Chat commun.	38° 50
Chien	de 37°.40 à 39°,60
Singe	de 35°,50 à 39°,70
Mouton.	de 37°,30 à 40°,50
Chèvre	40°
Ane	36°,95
Bœuf	37°,50
Lapin	de 37°,50 à 40°

Comme nous l'avons déjà dit, pour l'homme en santé les variations se produisent entre 36°,5 et 37°,5 (1).

Ainsi qu'on le voit, à la lecture de ce tableau, il y a une assez grande inégalité dans la température normale des di-

(1) Il y a pour le même individu deux maxima dans la même journée : l'un à 9 heures du matin, l autre à 5 heures de l'après-midi. Celui-là est le plus élevé.

Le fœtus a une température un peu supérieure (0°,2) à celle de l'utérus Immédiatement après la naissance, elle est encore supérieure; mais peu après survient une réfrigération, due au peu d'activité des combustions organiques et à la petite masse du corps. Dans les dix jours suivants, l'activité nutritive augmente, et la température s'élève à ce qu'elle était à la naissance. Les variations individuelles chez l'enfant sont plus étendues que chez l'adulte.

Chez les *vieillards*, le refroidissement est plus facile; la production compense mal les pertes. Mais dans la vieillesse très avancée, la température est plus élevée, comme chez l'enfant, de 0°.2. La cause d'un tel phénomène n'a pas été donnée. Est-ce le peu d'activité des pertes organiques? Est-ce l'état parcheminé de la peau?

verses espèces à sang chaud ; puisque entre les températures extrêmes notées il y a une différence de près de 9 degrés. Ce qui pour l'un est une température normale, serait pour l'autre une température hyperpyrétique et entraînerait la mort. Quoi qu'il en soit, il y a chez tous ces animaux un caractère commun, c'est la propriété de conserver une température sensiblement constante quelle que soit la température du milieu.

Ce fait a de tout temps occupé les naturalistes, et donné lieu à de nombreuses hypothèses que nous devons exposer rapidement.

Pour les *anciens*, la chaleur animale était de nature innée, et se confondait avec la vie elle-même. Aristote plaçait son foyer de production dans le ventricule droit, tandis que Galien le plaçait dans le ventricule gauche. Quelques auteurs poussèrent même l'oubli de toute notion physiologique jusqu'à affirmer que, chez l'animal vivant, la température du cœur est assez élevée pour causer une sensation pénible à la main qui le toucherait imprudemment.

Pour les *alchimistes*, qui apparurent au XIIIe siècle, la chaleur fut considérée comme la résultante des actions chimiques se passant au sein de l'organisme, ou mieux comme le produit de fermentations ; mais leurs connaissances ne leur permettaient que d'émettre des hypothèses au sujet de ces fermentations.

Pour les *iatro-mécaniciens*, la chaleur était due aux frottements qui se produisent sans cesse dans l'organisme, particulièrement dans l'appareil circulatoire.

Enfin les *vitalistes* faisaient dépendre, comme J. Hunter, la production de la chaleur d'un *principe spécial*, *indépendant* de la circulation, de la sensation et de la volition, d'une *force vitale* à laquelle ils reconnaissaient en outre *la faculté de détruire la chaleur en excès*, et dont ils plaçaient le *siège dans l'estomac* (1).

(1) Voir pour l'historique de cette question le premier volume des *Études de clinique expérimentale* de Lorain, *sur la température du corps humain*.

Le caractère commun de toutes ces interprétations est leur manque de base expérimentale. Avec Lavoisier une nouvelle théorie prend naissance, qui depuis lors a été agrandie mais point ébranlée. Tous les auteurs jusqu'à lui avaient considéré le poumon comme un couloir dans lequel le sang venait se décharger d'une partie de son calorique au contact de l'air incessamment renouvelé.

Lavoisier, soumettant ce fait à l'examen, remarqua, non seulement que l'air expiré a une température plus élevée que l'air inspiré, mais qu'il est en outre modifié dans sa composition. Il contient une moindre quantité d'oxygène et une plus grande quantité d'acide carbonique.

Procédant alors à une rigoureuse analyse chimique, il démontra que l'oxygène introduit par les voies respiratoires attaque les substances organiques fournies par la digestion, les brûle, se combine avec leur carbone et leur hydrogène pour former de l'acide carbonique et de l'eau. Il montra que cette combustion continue des matériaux organiques est une source de chaleur.

En même temps, il instituait des expériences très précises pour mesurer la quantité de chaleur perdue par le rayonnement, par le contact de l'air et aussi par l'évaporation des liquides. Comparant ensuite la quantité de chaleur produite par les diverses voies que nous venons d'indiquer, il constatait qu'il y a sensiblement équilibre. Dès lors le problème de la production de la chaleur animale était résolu. Depuis, les travaux modernes ont ajouté aux acquisitions de Lavoisier, mais n'ont pas infirmé ses résultats. Aujourd'hui tous les auteurs admettent que les combustions organiques sont la seule source de la chaleur animale ; seulement, au lieu de localiser dans le poumon ces combustions, ils démontrent qu'elles se produisent dans tout l'organisme. On a cherché à déterminer dans quelle mesure chaque organe concourt à la production de la chaleur ; mais jusqu'ici les résultats obtenus sont bien incertains. On peut dire seulement que les muscles sont, à cause

du travail mécanique qu'ils accomplissent, le centre de production le plus actif. Quant aux pertes, elles sont plus faciles à apprécier ; elles sont toutes du domaine de la physique. Ce sont : le rayonnement, le contact, l'évaporation, la chaleur des liquides émis, le travail mécanique qu'exécute l'organisme vivant. La somme la plus grande de pertes est due au rayonnement (60 à 75 pour cent), vient après la sueur (20 pour cent), puis la respiration (4 à 8 pour cent). Cependant il faut convenir que la somme totale des pertes, pour un temps donné, est impossible à apprécier. La seule chose certaine est que la dépense est égale à la production.

L'exposé que nous venons de faire n'explique pas pourquoi la température est fixe, et pourquoi la production est égale aux pertes. Jusqu'à présent la vraie cause de ce fait est inconnue (1). Nous nous contenterons donc de le constater et de dire que c'est une des conditions et un des meilleurs signes de l'état de santé.

Par contre, l'élévation de la température est le meilleur caractère des maladies aiguës ou fébriles. Dès qu'à la main on sent que la température de la peau est élevée, ou mieux dès que, par l'emploi du thermomètre, on constate que la température est supérieure à 38°, on peut dire qu'il y a

(1) On a invoqué les vêtements, la nature de l'alimentation, la quantité des boissons ingérées, l'abondance des sueurs, qui varie suivant l'état de la température extérieure pour rétablir l'équilibre ; mais tous ces phénomènes ne donnent pas la véritable raison de cette parfaite équivalence de la production et des pertes.

La physiologie se trouvant impuissante à expliquer cette fixité, l'imagination s'est alors donné carrière, et a été jusqu'à supposer un centre modérateur de la température, situé dans la moelle, au-dessous du bulbe. Ce n'est qu'une hypothèse sans fondement. Il est impossible d'imaginer un organe chargé de présider à une fonction générale. Il faut placer cet important phénomène de la stabilité de la température sur le même rang que les grandes fonctions générales qu'on ne peut localiser. Exemples : Retour du corps au même poids dans les 24 heures chez l'adulte bien portant, composition uniforme du sang, développement de l'embryon, acquisition de la forme de l'être, constitution des éléments histologiques, proportion numérique des sexes etc., etc.

fièvre. Mais ce n'est pas seulement à cette constatation banale que le thermomètre sert, il fournit à celui qui sait en interpréter les données, de précieuses indications sur la nature de la maladie, sur sa durée probable, sa gravité, sa terminaison, et il lui sert en même temps de guide dans l'emploi des divers modes de traitement. Aussi importe-t-il au plus haut point que l'emploi de cet instrument devienne familier, non seulement aux médecins, mais à tous ceux que leur position appelle à donner des soins aux malades. Ainsi que nous le dirons dans un instant, ce n'est pas tant la température extrême atteinte pendant la fièvre qu'il s'agit de connaître, que les variations qu'elle subit et le type qu'elle affecte. Pour cela il faut que le thermomètre soit souvent et bien appliqué, que les températures qu'il indique soient régulièrement notées, et que des comparaisons puissent être facilement établies entre les divers jours et les diverses heures de la maladie. Qui se chargera de ce soin, sinon ceux qui entourent le malade? Comment le feront-ils avec la conscience qui en fait toute la valeur, s'ils n'en ont pas compris l'importance? Le présent travail a pour but de résumer nos connaissances sur ce point. Nous estimerons que nos efforts n'ont pas été perdus, si nous arrivons à convaincre quelques-uns de nos lecteurs que le meilleur moyen pour eux de seconder le médecin à qui ils confient la vie de leurs proches est de lui fournir des renseignements précis et que, parmi ces renseignements, il n'en est pas de plus importants et de plus faciles à recueillir que ceux que nous donne l'emploi du thermomètre.

I

L'élévation de la température dans les fièvres est un fait tellement frappant que de tout temps chez les Grecs, les Romains, les Arabes et les modernes, le mot qui a servi et sert à désigner ces maladies l'a indiqué. Chez les Grecs

c'était πυρεξις, de πῦρ feu ; chez les Romains *febris*, de *fervere* brûler ; chez nous le mot fièvre a la même origine. Cependant, malgré l'exactitude du langage, les médecins n'ont pas toujours attribué une égale importance à l'augmentation de la chaleur. Pour Hippocrate, c'était le fait capital, presque le seul ; pour Galien, à côté de l'augmentation de la chaleur, il fallait placer l'accélération du pouls. Pour les successeurs de Galien, l'importance du pouls s'accroît, et elle devient pour ainsi dire exclusive après la découverte de la circulation. Depuis, c'est le pouls qui a été interrogé quand on a voulu connaître la fièvre, et c'est encore à lui que la plupart des médecins s'en rapportent. Nous ne voulons point dire qu'aucune part n'a été faite à l'étude de la chaleur, qu'on a dédaigné les données que fournit la palpation de la peau ; mais ces données sont tellement vagues, que bien des médecins en sont venus presque à les négliger.

L'emploi du thermomètre donna, au début, des résultats intéressants, mais peu utiles : ainsi, on nota d'abord avec un certain étonnement que l'élévation thermique des fébricitants était constatable au thermomètre ; plus tard, on se bornait à dire que, dans la pneumonie ou la fièvre typhoïde, la température pouvait varier entre deux points extrêmes, 36 et 42 degrés par exemple. Jusque-là le thermomètre ne pouvait aspirer à passer entre les mains du praticien, parce qu'il ne fournissait pas de résultats pratiques.

Il n'en fut plus ainsi lorsque, par une application longtemps continuée de cet instrument, on eut déterminé que chaque maladie aiguë a, dans les variations thermiques, quelque chose de spécial et que plusieurs ont une courbe caractéristique. Dès lors les données fournies par le thermomètre devenaient plus précises et plus précieuses. Les résultats furent manifestes pour tous, lorsqu'on eut adopté le mode d'inscription aujourd'hui employé. Au lieu d'inscrire des chiffres les uns à la suite des autres, comme on avait fait jusque-là, on les reporta sur une feuille divisée

spécialement à cet effet, et on constitua une *courbe* dont les divers points correspondaient aux températures prises et indiquaient par leur position leurs rapports. Dès lors la thermométrie clinique était fondée. Depuis quinze ans, malgré de nombreuses résistances, elle a conquis son droit de cité dans les hôpitaux. Il faut la faire entrer maintenant dans la pratique civile.

Pour cela, médecins et malades doivent être convaincus que rien ne peut, pour l'étude des fébricitants, remplacer les données fournies par le thermomètre. C'est cette démonstration que nous allons entreprendre.

L'élévation de la température est le meilleur signe de la fièvre. — Dans la pratique il est souvent difficile de dire si un malade a ou n'a pas la fièvre. Il accuse des malaises, une grande lassitude, une sensation de chaleur anormale, un peu de moiteur, etc. A-t-il eu ou n'a-t-il pas eu la fièvre? Lui n'hésite pas à dire : j'ai tous les jours ou de temps en temps la fièvre; et si le médecin accepte ses dires sans contrôle, il lui donne du sulfate de quinine. C'est une pratique imprudente, quelquefois dangereuse, sinon nuisible. Au lieu de faire aussitôt une prescription, que le médecin donne au malade un thermomètre et lui indique la manière de s'en servir. Qu'il lui recommande, par exemple, de prendre sa température quand il se trouve dans un état satisfaisant, puis au moment de l'accès; et enfin lorsque tout est terminé. Qu'il lui prescrive de faire ces observations pendant deux ou trois jours de suite et de lui en communiquer ensuite les résultats. Il n'y aura plus alors de doute sur l'existence ou la non existence de la fièvre. Cette simple précaution fera disparaître bien des accès imaginaires, diurnes ou nocturnes, et épargnera au médecin des recherches dans une fausse direction, et au malade des prescriptions inutiles. D'autres fois elle établira d'une façon nette l'existence de véritables accès fébriles et permettra, ce qu'on n'eût osé sans cette indication précise, une action résolue

et persévérante. Mais, dira-t-on, l'élévation de la température n'est pas le seul signe de la fièvre ; il en est d'autres auxquels les gens du monde ou les garde-malades ne peuvent se tromper ; le pouls est facile à compter, la peau facile à tâter, et puis il y a l'état général d'abattement ou d'excitation, la rougeur de la face, etc. Sans doute, tous ces divers signes ont leur valeur, et nous aurions bien garde de la contester ; mais ils ne l'ont entière que lorsqu'ils sont associés et, même alors, ils peuvent permettre d'affirmer l'existence de la fièvre et non de la mesurer ; de sorte que, lorsque le médecin viendra le soir ou le lendemain, on pourra lui dire : il y a eu un accès ; mais il n'en saura pas l'importance ni la durée, car tout le monde sait combien le même fait peut être diversement raconté par des témoins également impartiaux, qui l'ont vu à la même heure et dans les mêmes conditions. Cela est surtout vrai lorsqu'il s'agit des malades. La mère ne voit pas comme le père, et la garde-malade voit autrement que l'un et l'autre. Souvent ces trois témoins diffèreront sur l'interprétation de l'état du malade au même moment. Pour l'un, il sera accablé ou plongé dans un abattement profond, pour l'autre il aura un sommeil calme ; pour l'un il aura une chaleur brûlante, pour l'autre une chaleur modérée. Comment le médecin se reconnaîtra-t-il au milieu de tous ces renseignements ? Qu'est-ce qui pourra servir de base à son intervention ? Combien sera différente sa situation lorsque tous ces renseignements vagues ou contradictoires que donnent les assistants, seront appuyés par une courbe bien construite, indiquant d'une manière précise la température aux moments les plus importants de la journée ! Elle ne donnera pas d'à peu près, le thermomètre est inflexible comme un instrument de précision, et redresse les dires du malade lui-même ; il fournira une donnée absolument certaine et donnera ainsi une base sûre à l'intervention médicale. Ce point a une trop haute importance pour que nous ne nous y arrêtions pas un moment.

Entre les phénomènes qui caractérisent l'état de fièvre, il existe un lien étroit et une subordination incontestable. Tous sont la manifestation extérieure des modifications intimes dont le fébricitant est le sujet. L'élévation de la température indique l'activité plus grande des combustions dont les éléments anatomiques sont le siège; l'accélération du pouls marque la suractivité de la circulation qui fournit aux éléments anatomiques des matériaux pour réparer leurs pertes ; la fréquence de la respiration est en rapport avec la consommation de l'oxygène, dont la provision doit être incessamment renouvelée. Quant aux troubles sécrétoires et aux troubles du système nerveux, ils manquent souvent et sont moins faciles à observer ; mais leur rapport avec les modifications dont les éléments anatomiques sont le siège n'est pas plus difficile à établir.

On peut donc dire que tous ces faits si divers sont la manifestation d'un même acte primordial : l'activité plus grande des combustions organiques. Or, parmi ces phénomènes que nous venons d'énumérer, et que nous avons le regret de ne pouvoir analyser, il n'en est qu'un qui ait une valeur absolue, c'est l'élévation de la température.

L'accélération du pouls et de la respiration, la rougeur de la face, la sueur, les troubles nerveux peuvent se produire dans des conditions bien diverses. Une émotion passagère, un effort, une course rapide, l'ingestion d'une substance excitante, etc., suffisent à la provoquer. Dès lors, leur valeur est infiniment moindre. Il n'en est plus ainsi de l'élévation de la température ; une seule cause la produit, l'exagération des combustions organiques. Et qu'on ne dise pas que le thermomètre est inutile pour l'apprécier, que le toucher ou les sensations du malade suffisent. Ce serait commettre une grande erreur.

Le thermomètre est au contraire indispensable ; car il est des cas dans lesquels les données qu'il fournit sont en formelle contradiction avec les résultats de l'exploration par la main, et les sensations accusées par le malade. A la

période de *frisson* de tout accès fébrile, par exemple, tandis que le malade grelotte sous ses couvertures et au milieu des boules chaudes dont on l'entoure, tandis que les assistants peuvent constater que ses traits sont tirés, ses lèvres bleuâtres et ses mains glacées, le thermomètre, placé dans l'aisselle ou le rectum, indiquera une élévation de plusieurs degrés. Mieux que cela, si on l'applique quelque temps avant le début probable de l'accès, on constatera que l'ascension thermique précède tout phénomène subjectif, et qu'elle est déjà considérable lorsque éclate le premier frisson (1). Rien donc ne peut remplacer le thermomètre pour cette constatation, et lui seul peut nous dire s'il y a élévation thermique et à quel degré.

L'examen du pouls donne des résultats très incertains. — Lorsqu'un malade accuse des troubles se rapportant à la fièvre, le premier soin du médecin est de tâter son pouls et de constater la fréquence des battements. C'est cette fréquence qu'on considère comme la mesure de la fièvre. On ne saurait trop s'élever contre cette opinion, qui repose sur une erreur et peut quelquefois inspirer une trompeuse sécurité ou des alarmes inopportunes. On raconte que lorsque Armand Carrel fut rapporté blessé du duel qui causa sa mort, le médecin qui lui donna les premiers soins et qui le connaissait peu, rassurait les assistants en s'appuyant

(1)

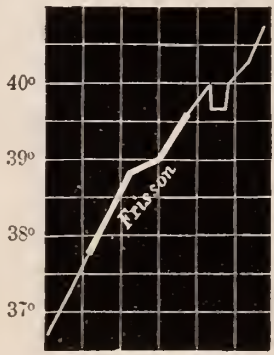


Fig. 1 Marche de la température pendant la période de frisson

sur la fréquence modérée du pouls ; lorsque son médecin ordinaire arriva, ce fut cette même fréquence qui lui inspira les plus grandes inquiétudes. C'est qu'Armand Carrel avait un pouls habituellement très lent, et que ce qui pour un autre eût été une accélération modérée, était pour lui extrême. Le cas d'Armand Carrel n'est point rare, et bien des sujets, jouissant d'une bonne santé, ont un pouls très lent ; tandis que d'autres, également bien portants, l'ont très rapide. Un premier motif empêche donc d'attribuer une grande importance au pouls dans l'étude de la fièvre ; ce sont les variétés individuelles qu'il présente à l'état normal. Il en est d'autres que tout le monde connaît, et que nous nous bornerons à mentionner ; ce sont les causes nombreuses qui le font varier (marche, émotions, alimentation, fièvre, etc.) Parmi ces causes, les unes ont une action superficielle et passagère, les autres ont une action profonde et permanente. Comment le médecin, qui ne fait que passer auprès de son malade, et dont le plus souvent la présence seule provoque une accélération, fera-t-il pour déterminer la valeur de celle qu'il constate, surtout s'il n'a pas d'autres éléments pour l'éclairer ? On peut donc affirmer que c'est à tort qu'une si grande importance a été jusqu'ici attribuée à l'examen du pouls chez les fébricitants. Gardons-nous de dire toutefois que cet examen est sans valeur, et qu'il est permis au médecin de le négliger. S'il est insuffisant, lorsqu'il est seul, pour donner la mesure de la fièvre, il peut au contraire, rapproché des autres constatations, et particulièrement des variations de la température, fournir de très précieuses indications. Les autres signes de la fièvre sont encore plus variables et plus incertains que le pouls ; aussi tirerons-nous de ce qui précède cette première conclusion : *L'élévation durable de la température est le signe certain et le seul signe certain de la fièvre.*

Nous ajouterons que le degré de cette élévation en est la mesure. Toutes les fièvres ne sont pas d'égale intensité, toutes n'ont pas la même allure. Les unes sont fortes, les au-

tres légères ; les unes sont continues, les autres intermittentes ; les unes s'établissent lentement, les autres, au contraire, ont un début brusque, etc. Toutes ces variétés, si importantes au point de vue de la nosologie et du traitement, sont exactement traduites par les variations de la température. Comme il nous est impossible d'entrer dans de longs détails, nous allons citer quelques exemples, qui nous permettront de rendre plus saisissable notre pensée.

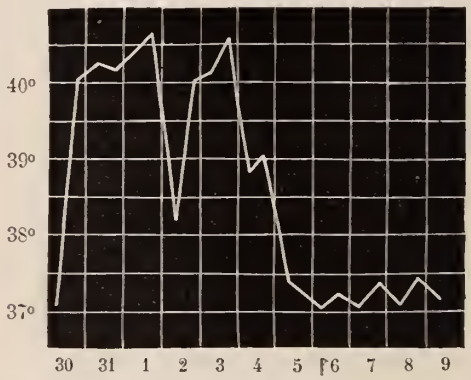


Fig. 2. Courbe de pneumonie. — Ascension brusque, fausse défervescence due au traitement ; défervescence vraie, rapide.

La figure 2 représente les températures prises sur un malade qui fut atteint sous nos yeux de pneumonie. La première partie correspond à l'invasion de la maladie ; la seconde à la période d'état, la troisième à la guérison. La première est dite période ascendante, la seconde fastigium ou période d'état, la troisième période descendante ou de défervescence. Dans cette courbe tout est caractéristique, excepté la chute médiane due à la perturbation causée par le traitement. Ce n'est pas en effet dans toutes les fièvres que l'on trouve une ascension brusque comme celle-ci ; ce n'est pas non plus dans toutes qu'on observe une défervescence aussi rapide. Cela ne s'observe que dans les fièvres inflam-

matoires. Aussi peut-on dès l'abord, lorsque, dans la première journée de la maladie, on constate une élévation thermique aussi considérable, écarter l'idée d'une maladie infectieuse, dont le début est toujours lent, et dont la période ascendante dure plusieurs jours. Cette donnée est surtout précieuse à connaître en temps d'épidémie, lorsque la fièvre typhoïde ou la variole, par exemple, règnent dans le milieu où l'on observe. Tout le monde redoute le mal, et on est tenté de considérer comme étant sous sa dépendance toutes les indispositions, comme signalant ses débuts tous les états fébriles graves ; aussi rend-on un grand service au malade et à ceux qui l'entourent lorsque, dès le premier jour, on peut dire : ceci n'est pas un début de variole ; ceci n'est pas un début de fièvre typhoïde. C'est ce que le thermomètre permet de faire. Quelle différence, en effet, entre l'ascension de la fièvre typhoïde et celle de la pneumonie. Sans doute on ne peut dire qu'elles sont toujours uniformes ; mais il est un caractère qui ne manque pas ; c'est la lenteur avec laquelle la température atteint son fastigium. L'ascension continue habituellement pendant quatre ou cinq jours, et dure même jusqu'à la fin du premier septénaire. La figure 3 représente le type ascensionnel le plus commun : peut-on, nous le demandons, confondre cette courbe avec la précédente ?

La première observation thermique permettra donc, dans certains cas, d'écarter aussitôt tout un groupe de maladies et circonscrira le débat entre quelques-unes ; les observations suivantes lèveront tous les doutes.

La période d'état et la défervescence ne sont pas moins caractéristiques que l'ascension : elles sont d'ordinaire avec celle-ci dans le rapport suivant :

Un début brusque avec ascension thermique rapide suppose une durée courte avec fièvre subcontinue et une chute rapide comme le début. La figure 2 en est un exemple. Nous citerons encore le cas de la figure 4 qui appartient, non plus à une pneumonie, mais à une angine :

Un début lent avec ascension graduelle annonce, au contraire, une fièvre longue avec rémissions et une défervescence lente. Nous aurons l'occasion d'en citer des exemples plus loin.

L'enregistrement de la température permet de remarquer des faits qui, sans cela, eussent passé inaperçus, et sur lesquels les malades eux-mêmes n'auraient pas attiré l'attention. Nous citerons comme exemples divers types de fièvres intermittentes que nous n'aurions jamais pu éclaircir sans le secours du thermomètre et qui, grâce à lui, furent débrouillés dès les premiers jours et traités avec succès.

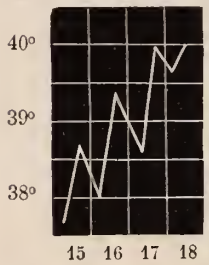


Fig. 3. Fièvre typhoïde. Ascension lente à oscillations ascendantes

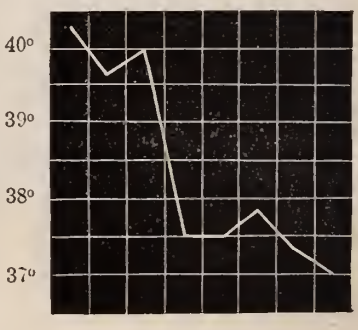


Fig. 4 Angine simple.

La figure 5 se rapporte à un malade qui entra dans notre service atteint de fièvre modérée avec rémissions ; en deux jours on eut constaté qu'il s'agissait d'une véritable fièvre intermittente quotidienne, dont le sulfate de quinine eut rapidement raison.

La figure 6, quoiqu'elle présente le même type, se rapporte à un fait plus intéressant et plus rare. Elle correspond à la température d'un malade qui entra dans notre service présentant tous les signes locaux et généraux de la pneumonie. Le lendemain l'interne qui avait porté, la veille, le diagnostic fut très surpris de trouver le malade

sans fièvre, sans dyspnée, et ne présentant même plus du côté du poumon les signes qu'il avait constatés la veille. On crut à une erreur et le malade fut laissé sans traitement. Le soir du second jour, au moment de la visite, on trouvait le malade en pleine fièvre, comme au jour de l'entrée, l'auscultation de son poumon révélait les mêmes signes que la veille. Triomphant, l'interne nous annonçait le lendemain ce nouveau résultat, mais nous ne trouvions rien nous-même, comme au matin du jour précédent. Si nous n'avions eu dans ce cas la courbe, qui ne pouvait nous tromper, nous serions demeuré incertain et sur l'existence et sur la nature de la maladie; au contraire la vue de cet accès vespéral avec rémission matinale nous fit penser que nous avions affaire à une fièvre intermittente quotidienne avec congestion pulmonaire; et de fait le malade, interrogé à ce point de vue, nous apprit qu'il avait déjà eu antérieurement des fièvres intermittentes.

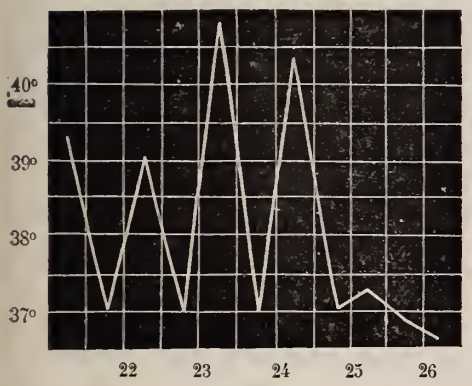


Fig. 5. Fièvre intermittente quotidienne, guérie par le sulfate de quinine.

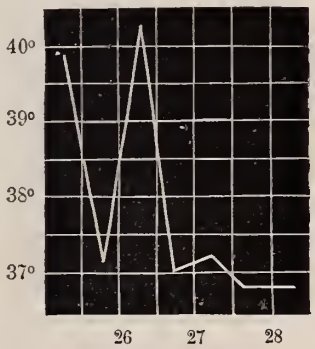


Fig. 6. Pneumonie intermittente, guérie par le sulfate de quinine.

La figure 7 demande une plus longue analyse parce qu'elle présente de plus nombreux accidents. Elle se rapporte à un malade qui ne pouvait lui-même donner de renseignements précis sur son état. Il se plaignait d'avoir de temps

en temps la fièvre et de sentir ses forces et son appétit disparaître. Au moment de son entrée il était pâle, mais apyrétique. Dès le soir il avait un accès. La journée du lendemain se passait dans le calme, ainsi que le matin du jour suivant ; mais le soir il y avait un nouvel accès. C'était donc une fièvre intermittente tierce que nous traitâmes par le sulfate de quinine. Le troisième accès ne fut pas supprimé ni diminué, mais le quatrième ne vint pas au jour prévu ; il ne vint que le lendemain. A partir de ce jour il y eut, entre deux accès, deux jours de repos au lieu d'un ; la fièvre était devenue quarte. Voyant que le sulfate de quinine demeurait inefficace, nous donnâmes l'arsenic qui, très rapidement, coupa la fièvre.

Cette figure présente, à la date du 28 et du 29, un accident très intéressant. La température dépasse, malgré le traitement, de près d'un degré celle des accès précédents, et de plus elle ne tombe pas le matin. Elle ne redescend que le matin du second jour. Que signifie cette irrégularité ?

Elle est la révélation d'une petite complication qui, sans le thermomètre, eût certainement passé inaperçue. A cette date, en effet, le malade eut un petit érysipèle qui demeura limité à la racine du nez.

Nous pourrions multiplier les exemples, mais ceux-là suffisent pour établir que l'observation des variations que subit la température des fébricitants est d'un très grand secours pour le diagnostic des maladies ; que dès le premier jour elle permet souvent d'écarter la crainte d'une maladie qu'on pouvait légitimement soupçonner, que dans la suite les variations de la courbe permettent quelquefois de découvrir la nature cachée du mal, et d'en mesurer l'intensité.

Mais ce n'est pas seulement pour le diagnostic que la notation des variations thermiques rend des services ; elle en rend de plus grands encore pour le pronostic et le traitement.

Utilité de l'observation des variations thermiques pour le pronostic. — Les diverses maladies fébriles ont leur allure

particulière aujourd'hui bien connue. On sait combien de temps dure l'ascension et de quelle manière elle se fait, combien de temps dure la période d'état, à quel moment doit se produire la descente et dans quelles conditions. On sait aussi quelles différences existent entre les cas légers, moyens et graves, de telle sorte, qu'à la simple lecture d'une courbe, un médecin instruit peut souvent dire, non seulement le nom de la maladie, mais le degré de gravité et à quel moment elle est arrivée de son évolution. Les éléments que l'on consulte sont : l'élévation absolue de la température ou sa chute brusque, et l'existence ou l'absence de rémissions.

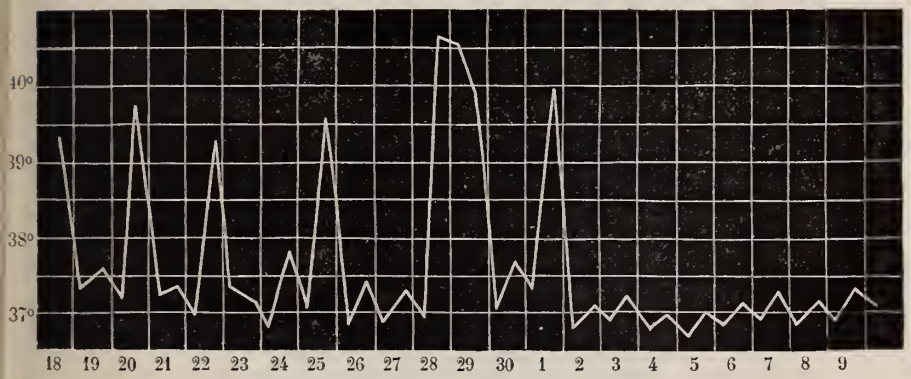


Fig. 7. Fièvre intermittente, d'abord tierce, puis quarte, traitée vainement par le sulfate de quinine et guérie par l'arsenic.

Les températures extrêmes sont l'indice d'un état grave, coïncidant toujours avec le moment où le malade paraît le plus sérieusement atteint, et sont, lorsqu'elles durent, la source d'un grand danger. Mais il faudrait se garder de régler son pronostic sur une température isolée; c'est de la marche surtout qu'il faut tenir compte. Une température rapidement élevée dès le début d'un accès fébrile intermittent, atteignant elle-même 42° et plus, n'aura pas une signification grave si elle n'est que transitoire, parce qu'elle peut tenir à une cause passagère, un trouble moral, un

écart de régime ; tandis qu'une chaleur moins élevée, dépassant ou atteignant simplement 40°, mais durant au même degré pendant plusieurs jours, est un très mauvais signe. De même une rémission momentanée ne peut atténuer le pronostic lorsque dans le cours d'une fièvre, surtout à la période d'état ou lorsque devrait commencer la descente, on voit la température se maintenir habituellement à une élévation constante, à plus forte raison lorsqu'on la voit s'élever. Dans ces cas, ni le peu de développement des phénomènes locaux, ni la persistance de quelques bonnes apparences n'infirment le pronostic fatal. Il est convenable pourtant de tenir grand compte de l'âge du malade : chez un enfant les températures élevées ont une moindre gravité que chez le vieillard. C'est pour ce dernier surtout, ainsi que M. Charcot l'a remarqué, que l'élévation de la température indique une issue funeste, même lorsque les lésions locales sont peu prononcées. Au point de vue de la marche et du pronostic, l'exacte observation de la température a une autre importance : c'est qu'elle annonce ou révèle les complications intercurrentes, et éclaire par là sur les dangers nouveaux que court le malade et sur les soins dont il faut l'entourer. Cela importe surtout dans les maladies graves et de longue durée, particulièrement dans celles où le malade, devenu indifférent à ce qu'il ressent et à ce qui l'entoure, ne peut rendre compte des phénomènes nouveaux qu'il éprouve, ni appeler sur eux l'attention. Combien de fois, par exemple, ne voit-on pas des typhiques ou des varioleux, atteints de pneumonies ou d'abcès dont le développement s'est fait sourdement, sans que rien les indiquât qu'une aggravation dans les symptômes généraux ! Avec le thermomètre, rien ne peut passer inaperçu, parce que les variations thermiques traduisent fidèlement tout ce qui se passe dans le malade ; dès qu'une perturbation imprévue se produit, l'attention du médecin s'éveille ; il recherche la cause de cette élévation nouvelle et la trouve. Notre figure 7 nous offre un exemple de ce genre. Celui de la figure 8 est encore plus frappant.

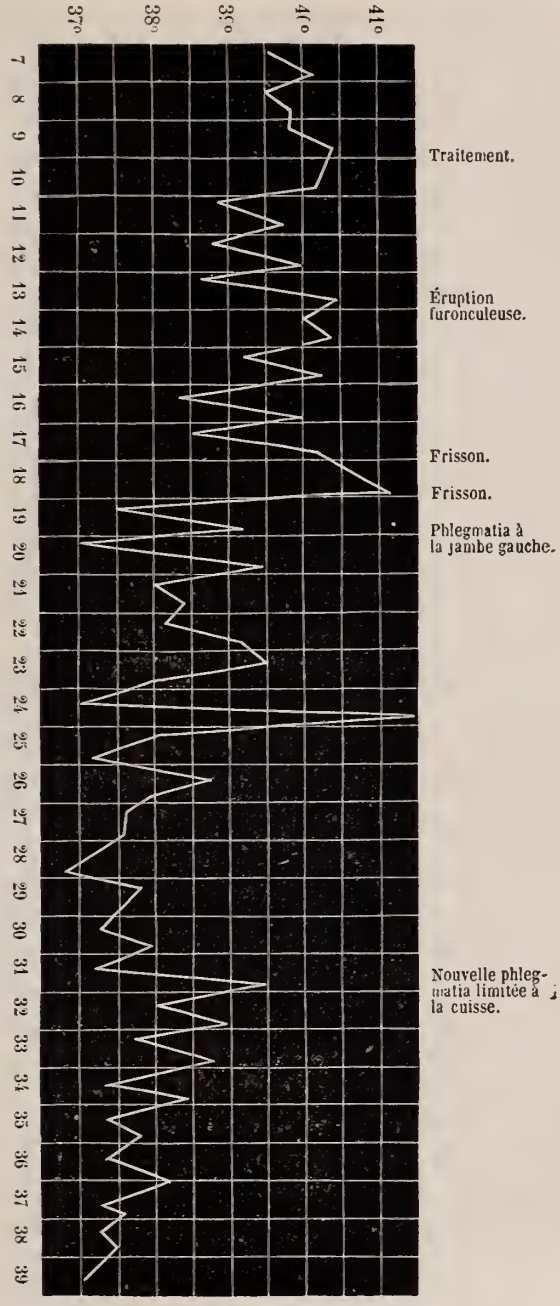


Fig. 8. Fièvre typhoïde grave, dans le cours de laquelle se sont produites plusieurs complications. Elles ont toutes été précédées d'une ascension thermique manifeste.

Cette courbe correspond à un malade qui fut traité dans notre service pour une fièvre typhoïde grave. Ainsi qu'on peut le voir, pendant les quatre premiers jours la température fut à cheval sur 40° ; le cinquième, sous l'action du traitement, elle descendit de un degré et resta à ce niveau pendant trois jours ; brusquement elle se releva au 13e jour, demeura supérieure à 40° pendant trente-six heures, et redescendit après à 39°. *Cette première ascension annonçait une éruption furonculeuse*

Les 17e et 18e jours de la maladie furent marqués par un frisson et une ascension qui dépassa 41°. Nous eûmes les plus sérieuses inquiétudes et ne pûmes, malgré tous nos soins, découvrir la cause de cette exacerbation inattendue. Ce n'est que le jour où tomba la fièvre que nous constatâmes l'existence d'une *phlegmatia à la jambe gauche.*

Le 24e jour, nouvelle exacerbation atteignant cette fois 41°,5. Elle précéda l'apparition de *plusieurs abcès volumineux*, qui auraient certainement passé inaperçus parce qu'ils étaient indolores.

Enfin le 31e jour, en pleine décroissance de la maladie, une nouvelle exacerbation se produisit, moindre que les précédentes, mais cependant notable, puisqu'elle était de plus de deux degrés. Elle annonçait une nouvelle phlegmatia limitée à la partie interne de la cuisse que nous constatâmes le lendemain.

Nous demandons comment il nous eût été permis de suivre pas à pas les variations qui se produisirent dans l'état de ce malade qui ne parlait pas, comment nous aurions pu, au milieu des nombreuses complications qu'il présenta, conserver l'espoir d'une guérison, si nous n'avions suivi la courbe, qui invariablement reprenait les caractères d'une fièvre typhoïde moyenne chaque fois que les complications avaient disparu. Nous pourrions multiplier les exemples, mais ceux-là suffisent, et nous augmenterions inutilement la longueur de ce travail, si nous en produisions d'autres. Cependant nous donnerions à nos lecteurs une idée in-

complète des indications que fournit le thermomètre, si nous ne disions un mot de la valeur des basses températures.

La température ne reste pas toujours au-dessus de la normale, même chez les fébricitants ; il n'est point rare de la voir descendre au-dessous. Dans certains cas cet abaissement est le signe de la défervescence et indique que la maladie est terminée, dans d'autres il annonce le collapsus et, peut-être, une mort prochaine. Il n'a pas une grande signification lorsqu'il n'est que de peu inférieur à la normale, et dans tous les cas, pris isolément il n'a pas de valeur. Il doit être rapproché des autres symptômes. Quand dans la période d'état d'une maladie grave on voit, sans que les autres symptômes s'amendent, la température s'abaisser et descendre à 36° et surtout à 35°, on ne doit pas croire à une amélioration, mais à une issue fatale et prochaine. Cependant encore ici il ne faut pas être trop pessimiste ; car nous pourrions citer l'exemple de malades qui ont été condamnés parce que leur température s'était ainsi abaissée, et qui sous l'action de boissons stimulantes se sont relevés (1).

(1) La question des basses températures n'a pas été jusqu'ici étudiée méthodiquement comme celle des températures fébriles. Nous pouvons cependant signaler quelques travaux intéressants publiés depuis peu :

Thèse de M. Radouan 1873 — Paris.

Mémoire de M. Redard 1874 — Lille.

Thèse de M. Glaser 1879 — Berne.

Nombreux travaux partiels résumés dans la thèse d'agrégation de M. Hutinel — Paris — 1880.

Les résultats acquis sont peu nombreux. Deux points se dégagent cependant nettement : 1° La refrigération résultant de l'action des causes extérieures peut descendre très bas sans entraîner la mort. On a vu guérir des individus dont la température était tombée à 24° sous l'influence du froid extérieur.

2° La réfrigération survenant chez les malades est beaucoup plus grave quoique moindre : au-dessous de 35° le danger est très grand, au-dessous de 33° la mort est certaine.

C'est que dans le premier cas les pertes sont, il est vrai, accrues, mais le foyer reste allumé et suffira à rétablir l'équilibre quand la source des pertes aura été supprimée ; tandis que dans le second c'est la production qui est diminuée, et cela indique un trouble profond de l'organisme sur lequel nous sommes souvent sans action.

De l'utilité du thermomètre pour la direction du traitement. —Puisque les variations de la température traduisent toutes les phases de la maladie, leur gravité et les complications incidentes qui peuvent se produire, elles doivent fournir de précieuses indications pour le traitement. Elles les fournissent en effet, et l'on peut dire que c'est pour juger de l'action du traitement que l'observation thermométrique est le plus utile. Il y a même plus : dans un grand nombre de cas, c'est elle qui indique le traitement à employer. Depuis les travaux de Liebermeister sur les hautes températures, il est admis que l'hyperthermie est par elle-même une source de danger, qu'elle produit des altérations graves des humeurs et des tissus, et qu'elle suffit, lorsqu'elle dure, à amener la mort. Il est admis aussi, par les meilleurs observateurs, que la plupart des accidents graves, autrefois décrits sous le nom de malignité, et demeurés jusqu'ici inexpliqués, sont dus à la même cause. Quoi qu'il en soit de la valeur de l'explication, il est incontestable que les cas les plus graves d'ataxie sont ceux dans lesquels la température est le plus élevée; il est incontestable aussi que les désordres s'amendent lorsque la température s'abaisse. C'est de ces observations, basées exclusivement sur l'étude des variations thermiques, qu'est née la méthode de traitement connue sous le nom de méthode réfrigérante.

L'élévation de la température est l'annonce et la source d'un grand danger, il faut donc par tous les moyens la combattre. C'est à la recherche des moyens les plus efficaces que les médecins s'emploient depuis quelques années; aussi la liste des médicaments, dits antipyrétiques, s'accroît-elle tous les jours. Nous avons vu entrer successivement dans ce cadre le sulfate de quinine, la digitale, la vératrine, l'alcool, etc., dont il est impossible de parler ici. Celui qui est depuis quelques années en faveur est l'eau froide. Nous devons donner à son sujet quelques détails.

Après avoir été longtemps employée par les médecins grecs et les Arabes, l'eau froide avait été abandonnée dans

le traitement des fièvres. Elle fut reprise, vers la fin du XVIIIe siècle par James Currie, qui peut être considéré comme le précurseur immédiat des hydropathes modernes. Une différence essentielle doit être signalée cependant, entre le médecin anglais et les médecins actuels : c'est que, tandis que Currie avait recours à l'eau froide en vue de la réaction qu'elle provoquait, Brand et ses imitateurs ne recherchent que son action refrigérante. De même que dans les cas d'algidité on entoure les malades de boules et de corps chauds pour leur communiquer de la chaleur, de même dans les cas d'hyperthermie on les entoure de corps froids pour leur en soustraire. Tel est le principe. Le plus commode est l'eau, qui fut d'abord employée en lotions et affusions, et plus tard en bains. Comme les deux premiers modes d'application agissent surtout en provoquant une réaction, nous n'en parlerons pas ; nous donnerons seulement quelques détails sur les bains.

D'après les auteurs qui rendent l'hyperthermie responsable de tous les troubles nerveux et des troubles plus profonds de la nutrition, l'indication est de mettre les divers organes dans un milieu à température moindre : pour cela le plus sûr moyen est de soustraire le calorique à mesure qu'il se produit, aussi les règles de cette médication sont-elles faciles à tracer. Elles se réduisent aux formules suivantes :

1° Il faut intervenir chaque fois que la température dépasse 39°.

2° Le meilleur mode d'intervention est le bain froid.

3° Le bain doit être d'autant plus prolongé que la température de l'eau est moins basse.

Les auteurs ne sont pas d'accord sur la température que doit avoir le bain, tandis que les uns veulent que l'eau ait de 20 à 25 degrés ; les autres n'hésitent pas à employer de l'eau à 10 et même à 6 degrés.

Dans ce dernier cas la durée du bain est bien plus courte.

Voici comment on procède :

Dès qu'on a constaté que la température du malade atteint 40° (quelques auteurs disent même 39), on le plonge dans le bain et on l'y laisse 5, 10, 20, 30 minutes, selon la température de l'eau. La règle est qu'on ne doit le retirer que lorsque la température rectale est descendue à 37° ou au-dessous. On le retire alors, et, après l'avoir à peine essuyé on le couvre légèrement et on lui donne à boire un peu d'eau froide ou de bouillon. On le laisse ainsi jusqu'à ce que la température ait de nouveau atteint 40°, alors on recommence. Les bains sont ainsi renouvelés 4, 6, 8 fois dans les 24 heures. (Les règles que nous donnons sont applicables aux malades atteints de fièvre typhoïde.)

L'action du bain est souvent immédiate, et ce n'est pas un des moindres encouragements pour le médecin et les familles, qui avaient d'abord hésité devant l'emploi d'un moyen si nouveau et en opposition avec les idées communément reçues. Plongé dans l'eau le typhique, qui était dans la stupeur, reprend connaissance au bout de 3 ou 4 minutes ; parfois sa céphalalgie se calme, et il peut reconnaître les assistants et même dire quelques mots. Rarement il accuse de l'angoisse ; il éprouve plutôt un sentiment de bien-être qui cesse lorsque commence le frisson. Il ne faut pas se laisser effrayer par ce phénomène, et le malade doit être encore maintenu dans le bain pendant quelques minutes. Il pourra alors quelquefois sortir de sa baignoire et se rendre à son lit. Là le frisson durera encore 20, 30 minutes, une heure même ; puis viendra une période de sommeil calme, dont la durée sera très variable. L'abaissement de la température ainsi obtenu varie de 1 à 4 degrés, tandis que l'eau du bain peut gagner jusqu'à 2 degrés. La durée de cette sédation est quelquefois très courte, et il faut donner un nouveau bain toutes les 3 ou 4 heures.

Les indications fournies par le thermomètre sont les seules qu'on consulte : dès qu'il marque une température

voisine de 40 degrés on replonge le malade dans le bain, sans presque tenir compte des complications. Telle est, en abrégé, la pratique de Brand et des nombreux médecins qui, en Allemagne, en France, en Angleterre, etc., ont adopté ce traitement.

Il n'est pas nécessaire d'insister pour montrer ce qu'elle doit à l'observation thermométrique qui lui sert de règle et de base. Cette observation ne rend pas moins de services dans la direction et l'appréciation des autres traitements antipyrétiques. C'est elle qui permet de décider quand il faut intervenir, c'est elle qui montre si l'intervention a été efficace. Qu'on relise plusieurs des courbes qui précèdent et on verra que, sous l'action du traitement, la température est, suivant les cas, progressivement ou brusquement tombée. Dans quelques cas il y a doute sur l'efficacité d'un traitement, et on hésite lorsqu'il s'agit de décider si un abaissement est dû à l'évolution naturelle de la maladie ou au remède ; il suffit alors de donner et de supprimer alternativement le remède ; les variations de la courbe donneront une réponse incontestable. C'est ce qui est arrivé dans le cas de la figure 9.

Le malade qui nous a fourni cette courbe était atteint d'une fièvre typhoïde grave. Nous essayâmes sur lui un traitement nouveau sur lequel notre opinion n'était point faite. Ainsi qu'on peut le voir sur la courbe, chaque fois que le traitement fut administré et pendant tout le temps qu'il le fut, la température baissa ; chaque fois au contraire qu'il fut suspendu, elle se releva. Les divers symptômes suivaient les variations de la température.

Nous pourrions multiplier les exemples, mais nous croyons devoir nous en tenir là, la preuve, nous semble-t-il, étant suffisamment faite que l'étude attentive de l'évolution de la température des fébricitants rend les plus grands services pour le diagnostic, la marche, le pronostic et le traitement.

Pour terminer cette partie de notre travail il nous reste

une dernière question à examiner : par qui et comment doit être prise la température des malades?

Elle doit être prise par une des personnes qui l'assistent et, autant que possible, toujours par la même et avec le même thermomètre. Il suffit, pour bien s'acquitter de cette importante mission, de posséder un bon instrument et de savoir où, comment, pendant combien de temps il faut l'appliquer et comment il faut le lire.

De tous les thermomètres employés par les médecins, ceux que nous préférons sont les thermomètres à mercure, les thermomètres à alcool ayant l'inconvénient d'une graduation bien plus difficile, et leur colonne se divisant très fréquemment.

Les thermomètres à mercure doivent être d'un faible volume et d'une lecture facile. Nous ne parlons pas de l'exactitude qui est la qualité fondamentale. Les thermomètres à maxima ont un très grand avantage, parce qu'ils permettent de prendre la température même dans l'obscurité, et sur une partie quelconque du corps. Aujourd'hui on peut se les procurer facilement et pour un prix modéré.

Les médecins appliquent le thermomètre sur divers points ; les parents ou assistants des malades n'auront, à moins d'indications spéciales, à l'appliquer que dans l'aisselle. Il faut après avoir préalablement essuyé la peau de la région, placer l'instrument de telle sorte que la cuvette soit en contact avec la peau, et le laisser en place jusqu'à ce qu'il soit bien démontré qu'il ne monte plus. L'expérience montre que l'équilibre de température entre le corps et l'instrument s'établit au bout de 12 à 15 minutes. C'est donc pendant ce temps qu'on le laisse en place. Quand on le retire, il faut éviter de secouer et, après l'avoir lu, noter la température qu'il marque. On doit, si on veut éviter les erreurs, appliquer toujours le thermomètre dans la même aisselle ; parce que l'expérience a montré que, dans certaines maladies de l'appareil respiratoire, il y a

un écart de quelques dixièmes de degré et même plus entre les deux côtés. Le nombre des applications dans les vingt-quatre heures est ordinairement de deux (matin et soir) ; dans certains cas il devra être plus considérable.

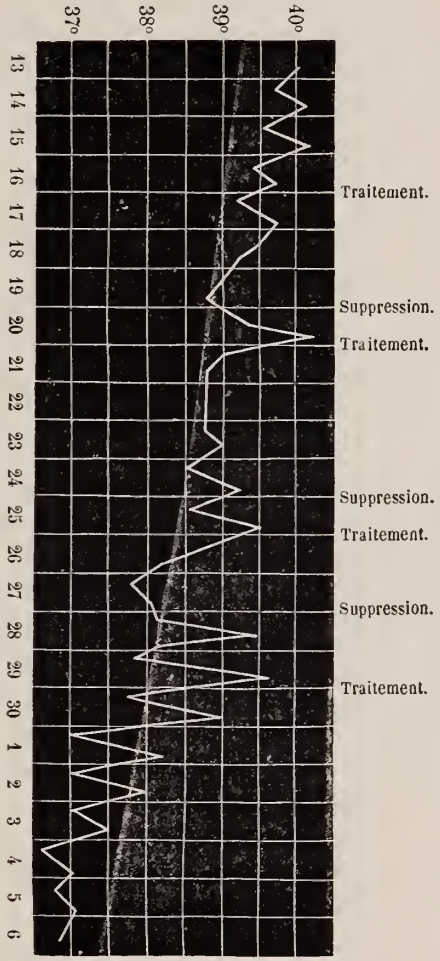


Fig. 9. Fièvre typhoïde, dans le cours de laquelle on a alternativement donné et supprimé le traitement.

II

PATHOGÉNIE DE LA FIÈVRE.

Quoique nous n'ayons pas la prétention de faire un travail complet sur la fièvre, nous ne pouvons cependant nous borner à la constatation du fait de l'élévation thermique et de son importance en médecine. Nous devons donner aussi une idée des explications qui ont été proposées et montrer que, jusqu'ici, aucune n'est satisfaisante. Cette partie de notre tâche est la plus difficile, parce qu'elle nous oblige à entrer dans des détails techniques qui supposent quelques connaissances en physiologie. Nous ferons tous nos efforts pour apporter dans notre exposé la plus grande clarté.

Chez le fébricitant, comme chez l'homme en santé, il y a production et perte de calorique : la seule différence entre eux est que l'organisme du premier a une température supérieure. D'où vient cet excès de calorique? Y a-t-il excès de production? Y a-t-il diminution des pertes? Les deux théories ont été soutenues.

Pour comprendre la discussion qui va suivre, il faut se souvenir qu'un certain nombre de fièvres, et particulièrement les accès de fièvre intermittente, débutent par un frisson dont la durée est plus ou moins longue, et que ce frisson est suivi de chaleur de la peau et plus tard de sueurs.

Pendant le frisson, la peau est pâle, rétractée, froide, sèche; à mesure que le frisson s'atténue, la peau se réchauffe, se colore, devient turgide; enfin les glandes sudorales sécrètent en abondance, et c'est par là que se rétablit l'équilibre thermique.

On peut produire expérimentalement, et sur une partie du corps, des phénomènes analogues à ceux de l'accès fébrile. C'est à Claude Bernard qu'on doit cette expérience dont l'importance est capitale.

Si on coupe, sur un animal, la portion cervicale du nerf grand sympathique (1), toute la partie à laquelle se distribue ce nerf est le théâtre des phénomènes suivants : circulation plus active, sécrétions exagérées (sueurs chez le le cheval), élévation de la température, exagération des combustions organiques. Ce sont là les phénomènes du second et du troisième stade de la fièvre. Si, sur ce même animal, on galvanise la portion périphérique du nerf sectionné, les vaisseaux se contractent et se resserrent plus qu'avant la section, les sécrétions s'arrêtent, la température s'abaisse, l'activité des combustions diminue. On reconnaît là les phénomènes qui caractérisent la période de frisson. Très faciles à observer à la face, ils peuvent se produire sur tous les points où l'on pratique une section des filets du grand sympathique ; ils peuvent même se généraliser si on pratique une section de la moelle au-dessous du bulbe ; l'animal, dont la température normale est à 39 degrés, présentera au bout de quelques heures 42° et 42°,5. Si on galvanise la moelle, les phénomènes que nous avons signalés à la face se reproduiront.

Lorsque Claude Bernard eut fait connaître cette expérience, médecins et physiologistes y virent la reproduction et l'explication des deux actes principaux de la fièvre. Le stade de frisson s'expliquait par l'irritation du grand sympathique, la réaction par la paralysie résultant de l'épuisement.

Ces premières vues étaient insuffisantes et incomplètes, les physiologistes ne tardèrent pas à s'en apercevoir. La paralysie du grand sympathique surtout trouvait des contradicteurs.

Il y avait d'abord contre cette idée de paralysie le sens clinique, qui répugnait à admettre comme dû à une paralysie le fait le plus actif de la maladie, et la physiologie

(1) Les rameaux terminaux du grand sympathique se distribuent sur les parois des vaisseaux.

qui ne pouvait accepter qu'une excitation eût pour effet une paralysie. Mais, en admettant même l'exactitude de la théorie, il aurait fallu toujours expliquer la fièvre sans frisson et, dans le cas de frisson, montrer le rapport qui lie un frisson d'une heure à une fièvre qui dure huit jours et faire voir quelle proportion il y a entre cette excitation et l'épuisement qui en résulte.

Tels furent les motifs qui donnèrent des doutes sur la valeur de cette explication de la fièvre, et déterminèrent les physiologistes à entreprendre de nouvelles recherches.

On reprit l'expérience de Claude Bernard, et on constata que, si le grand sympathique est bien réellement constricteur, si sa section amène une dilatation paralytique des vaisseaux auxquels il se distribue, ces vaisseaux peuvent se dilater sous l'action d'autres nerfs auxquels on donne le nom de nerfs dilatateurs (1).

(1) L'expérience qui permet de mettre en évidence l'existence de ce nouvel ordre de nerfs est la suivante :

Sur un chien, on met à découvert une des glandes sublinguales ainsi que son conduit excréteur, ses vaisseaux et ses nerfs. Cette glande reçoit des artères et émet des veines. Ses nerfs sont fournis par le grand sympathique dont les filets sont supportés par les branches de l'artère, et par un rameau provenant de la corde du tympan. Ce sont ces derniers qui semblent être dilatateurs de la glande. Au moyen de ce filet sympathique, la glande se trouve en rapport direct avec le lingual et par là avec l'encéphale. On excite le lingual en mettant un objet sapide sur la langue, l'action se réfléchit par l'encéphale et amène une dilatation des vaisseaux de la glande. Si on coupe la corde du tympan, le phénomène ne se produit plus ; mais si on excite le bout périphérique de la corde du tympan, la circulation devient plus active, les vaisseaux se dilatent, etc. Pour démontrer que les filets de la corde du tympan sont distincts des filets sympathiques, il suffit d'exciter le ganglion sous-maxillaire qui amène une contraction des vaisseaux. Il y a donc là deux effets bien distincts. Le nerf provenant de la corde du tympan est donc bien dilatateur. Mais il est très difficile d'expliquer le mécanisme de cette action. Il n'y a pas en effet, dans les vaisseaux, de fibres longitudinales qui se prêtent à la dilatation. Claude Bernard a proposé l'explication suivante : les nerfs dilatateurs interviendraient par une sorte d'interférence nerveuse : ils suspendraient activement l'action du grand sympathique, de sorte que ce dernier aurait seul une action directe sur les vaiseaux. On peut faire à cette hypothèse bien des objections.

Les capillaires reçoivent donc deux espèces de nerfs : les uns (rameaux du grand sympathique) qui diminuent leur calibre et augmentent par là la pression vasculaire; les autres (nerfs dilatateurs) qui augmentent le calibre et par là diminuent la tension. Tels sont les faits que fournit la physiologie pour l'explication des phénomènes de l'état fébrile.

Il était nécessaire de les exposer pour faire comprendre la théorie de la fièvre proposée par Traübe et Marey. Ces deux observateurs attribuent l'élévation de la température qu'on observe chez les fébricitants à la diminution des pertes, d'où cette théorie a pris le nom de théorie de la rétention.

Pour Leyden et Liebermeister il y a, au contraire, augmentation de la production du calorique. Bien que la plupart des médecins admettent aujourd'hui la théorie de ces deux observateurs, nous croyons cependant devoir exposer celle de Traübe et de Marey. D'après Marey il y a, à l'état normal, une assez grande différence de température entre la périphérie et le centre; cette différence est surtout prononcée pendant la période de frisson, d'où la pâleur de la peau avec refroidissement, qu'il est aisé d'expliquer par le spasme vasculaire. Dès que cesse ce spasme, les vaisseaux se dilatent, la circulation périphérique devient plus active, et l'équilibre de température s'établit entre les parties superficielles et les organes profonds. Il est vrai que si la circulation cutanée devient plus active, les causes de refroidissement doivent être plus grandes. Mais, dit M. Marey, le malade est défendu contre ces pertes par les vêtements et les couvertures, et ces pertes sont, du reste, compensées par les boissons chaudes qu'on lui fait absorber. D'après M. Marey, la chaleur fébrile tient donc à la circulation plus active qui se fait vers la périphérie et à la diminution des pertes. Cette activité plus grande de la circulation est comparable à celle que détermine la section du grand sympathique; seulement le phénomène est généralisé dans toute

l'économie, et l'échauffement qui en résulte se généralise également à tout le corps. Marey, du reste, ne nie pas que la quantité d'acide carbonique exhalé par les fébricitants ne soit accrue, et que ce ne soit là un signe de l'augmentation des combustions ; mais il tient que cette augmentation est négligeable, et que ce qui joue le plus grand rôle est la circulation plus active et la diminution des pertes.

Bien des objections peuvent être opposeés à cette théorie ; nous n'en produisons qu'une ici, c'est celle qui est tirée de la température de certains fébricitants. Cette température (40 à 42 degrés) dépasse de beaucoup la température normale centrale, et ne saurait par conséquent être le résultat du nivellement de calorique dû à une circulation plus rapide.

La théorie de Traübe diffère peu de celle de Marey : elle repose sur la pathogénie du frisson, le spasme vasculaire qui l'accompagne et le ralentissemeut de la circulation périphérique, la diminution du rayonnement, de la perspiration cutanée, de l'évaporation pulmonaire, etc.

Ces deux théories auxquelles on peut joindre celle de Senator et celle de Winternitz, qui en diffèrent peu, n'expliquent ni l'augmentation de la température qui précède le frisson ou qui s'observe dans le cours des pyrexies sans frisson initial, ni les températures hyperpyrétiques qui se constatent alors que les parties périphériques sont à une température déjà assez élevée, ni enfin la durée de l'élévation thermique dans les fièvres continues.

Il y a plus, elles sont en formelle opposition avec les faits. Loin d'être moindres, les pertes de calorique chez les fébricitants sont au contraire accrues ; cela résulte des observations très précises de Leyden et de Liebermeister.

Quant aux faits physiologiques ou expérimentaux que ces auteurs invoquent, ils sont loin d'avoir la valeur qu'ils leur attribuent. Nous ne les discuterons pas tous, mais nous montrerons que le plus important infirme leur théorie.

Il s'agit toujours des effets produits par la section des filets cervicaux du grand sympathique. Il est certain que

l'oreille du lapin dont on a coupé les filets sympathiques rougit et a une température plus élevée, mais cette élévation de la température n'est point due, comme le prétend Marey, à l'activité plus grande de la circulation. Si on attend deux ou trois jours après la section des filets susnommés, l'équilibre circulatoire se rétablit, et cependant la température reste élevée. De plus si, au lieu de faire l'expérience comme précédemment, on lie d'abord les veines qui ramènent le sang de l'oreille et qu'on sectionne ensuite les filets nerveux, la circulation ne pourra pas être activée puisqu'il y aura un obstacle mécanique, et cependant la température sera élevée. Le même phénomène se produit lorsqu'on lie les veines qui émergent d'une glande et que la glande entre en action; la circulation n'est pas plus active, et cependant la température s'élève. Nous pouvons citer, pour corroborer ces faits, les exemples de cadavres dont la température s'élève lorsque toute circulation a évidemment cessé.

La rétention du calorique étant tout à fait insuffisante pour expliquer l'hyperthermie de la fièvre, il faut donc qu'il y ait excès de production. Tout le prouve : et la diminution de poids du sujet, et les produits de combustion qui augmentent dans l'air expiré et dans les urines, et les mensurations directes.

Les recherches de Liebermeister, de Leyden, de Wachsmuth, etc. ont démontré que la perte de poids dans le cours d'une fièvre continue est beaucoup plus considérable que celle que détermine la diète la plus absolue. Tandis que Voit et Pettenkofer trouvent qu'un homme mis à la diète ne perd que 12,7 pour 1000 du poids de son corps dans les vingt-quatre heures, Wachsmuth a vu cette perte de poids s'élever, dans la pneumonie, jusqu'à 16,2 pour mille (1).

(1) Dans un cas de fièvre typhoïde, il est arrivé à constater jour par jour les pertes suivantes:

Le premier jour, le poids du corps étant de 52 kilogrammes chez un homme arrivé au second septénaire d'une fièvre typhoïde, il trouva pour le jour suivant : 50,4 ; 50,7 ; 49,6 ; 48,9 ; 48,5 ; 48,2 ; 47,4 ; 46,8; 46,7; 45,8 ; 45,1 ; 44,9 ; 44,3; 43,9; 43,7 ; 43,1 ; 43,1 ; 43,0 ; 43,4 ; 43,6.

Niemeyer, en soumettant un fébricitant et un homme sain à la même alimentation, a vu, en deux jours, le premier perdre 2000 grammes et le second 583 grammes. Enfin Lorain a constaté que les pertes de poids sont liées à l'élévation de la température fébrile, et croissent ou diminuent avec elle.

Cette diminution du poids s'explique d'une part par la diète relative, à laquelle les fébricitants sont soumis, d'autre part par l'augmentation des pertes.

La *respiration* est plus fréquente, et contient une plus grande quantité de vapeur d'eau et une plus forte proportion d'acide carbonique. La sécrétion urinaire est profondément modifiée : les urines contiennent une plus grande quantité d'urée, d'urates et de matières extractives. Dans quelques cas les sueurs sont abondantes, et la quantité d'acide carbonique éliminé par la peau est accrue.

On ne peut donc en douter, les combustions sont accrues chez les fébricitants et ces combustions produisent un excès de calorique. Mais cela ne suffit pas pour expliquer l'hyperthermie : chez les grands marcheurs, en effet, il y a aussi augmentation des combustions sans qu'il y ait hyperthermie, et chez les goutteux, qui mangent et absorbent beaucoup, les produits de désassimilation sont accrus, et cependant on ne note pas d'élévation de la température. C'est que chez ces deux groupes de sujets, comme du reste chez tous les sujets sains, la production et les pertes s'équilibrent : le marcheur transforme sa chaleur en travail mécanique ; quant au goutteux l'exagération des combustions n'est chez lui qu'apparente ; il est bien vrai que les produits de désassimilation sont accrus, mais si on y regarde de près, on constate que ces produits sont le résultat de combustions incomplètes, et que par conséquent la chaleur dégagée doit être moindre.

Enfin la mensuration directe du nombre de calories dégagées par un fébricitant s'accorde avec toutes les autres données que nous venons de fournir, et établit, de la manière la plus positive, que la production de la chaleur est accrue.

Cela ne suffit pas pour rendre raison de l'hyperthermie permanente, car nous avons vu qu'un des caractères des animaux en santé est, quelles que soient les pertes et quelle que soit la production, de tendre toujours à l'équilibre. Sous le pôle comme sous l'équateur, les matelots de John Davy avaient sensiblement la même température. Il a donc fallu chercher l'explication de cette conservation de la chaleur que nous voyons produite en excès ; car, qu'on le remarque bien, il ne s'agit pas ici d'une quantité de calorique dont l'organisme ne *peut* pas se dépouiller, puisqu'il est facile de la lui soustraire par des applications réfrigérantes, mais d'un calorique qu'il réserve. Il semble que, tandis qu'à l'état normal l'organisme est réglé pour conserver 37°, auxquels il revient toujours quoi qu'on fasse, dans l'état de fièvre la température de l'organisme est réglée à 39° ou 40°, vers lesquels il tend toujours quand, par un moyen quelconque, on est arrivé à le faire descendre.

Il faut donc, pour qu'il y ait fièvre, que la production de chaleur soit augmentée, et qu'une partie du calorique produit en excès soit retenue. Quelle est la cause de cette rétention ? On l'a cherchée et elle est probablement dans le système nerveux, mais jusqu'ici on ne l'a pas déterminée. Un moment on avait cru trouver dans la moelle, au-dessous du bulbe un centre régulateur de la chaleur ; mais les expériences de Vulpian ont montré que ce prétendu centre dont la destruction amenait une hyperthermie généralisée, était plutôt un centre d'irritation, de sorte qu'aujourd'hui la question reste encore pendante, et que nous en sommes réduits à la constatation de ces faits dont l'explication nous échappe :

1° Dans l'état de fièvre il y a production exagérée de chaleur.

2° Il n'y a pas équilibre entre la production et les pertes.

Dr Henri Desplats,
Professeur de clinique médicale à la Faculté libre de médecine de Lille.

BIBLIOGRAPHIE

I

Cours de Géométrie descriptive de l'Ecole polytechnique, comprenant les éléments de géométrie cinématique, par A. Mannheim, chef d'escadron d'artillerie, professeur à l'École polytechnique. — Paris, Gauthier Villars, 1880, gr. in-8°.

A propos du bel ouvrage du P. Secchi sur le soleil, nous exprimions ici, il y a peu d'années, le regret de voir les savants français, d'ailleurs éminents par l'importance et la multiplicité de leurs travaux originaux, s'imposer trop rarement la peine de présenter, sous une forme ordonnée et plus ou moins didactique, l'ensemble de leurs recherches dans une branche déterminée, en les rattachant aux travaux publiés antérieurement. Le livre que M. A. Mannheim vient de faire paraître appartient à cette catégorie d'écrits, dont nous signalions alors la valeur inestimable.

De tous les adeptes de la géométrie pure qui se sont engagés, en France, sur les traces illustres de Poncelet et de M. Chasles, aucun n'a pris un rang plus distingué dans l'opinion des géomètres de l'Europe, que M. Mannheim ; aucun n'a abordé par des méthodes aussi neuves un aussi grand nombre de questions difficiles; aucun n'a suivi sa voie avec autant de constance et n'a imprimé à ses recherches un caractère d'unité aussi saillant. Il était donc bien désirable que l'auteur de ces importants travaux en donnât lui-même au public une rédaction assez complète, qui dispensât celui-ci de rechercher péniblement, dans les recueils scientifiques, les éléments épars de ses méthodes.

M. Mannheim a choisi, comme cadre d'exposition, le cours de géométrie descriptive qu'il professe à l'École polytechnique. Il y a là, au premier abord, de quoi étonner ceux qui sont au courant des publica-

tions de l'habile géomètre, mais l'examen de l'ouvrage modifie beaucoup cette impression. D'abord, la géométrie descriptive, dans ses applications à la perspective et aux ombres (ce qui est le cas ici), emploie sans cesse les propriétés des lignes et des surfaces considérées dans l'espace, et c'est précisément comme *moyen de démonstration* de ces propriétés que les méthodes dues à M. Mannheim sont d'une grande utilité. D'autre part, les systèmes de projection propres à la science de Monge fournissent, dans bien des cas, la manière la plus élégante de figurer les propriétés et les constructions qui se rattachent aux théories développées par le savant professeur. Enfin, ce n'est pas seulement, comme il le fait observer dans sa préface, la géométrie descriptive dans son cercle restreint, mais un peu tout l'enseignement géométrique de l'École polytechnique qu'il s'est proposé de condenser dans cet instructif volume.

La première partie de l'ouvrage expose, sous une forme rapide, mais claire et élégante, l'application des règles de la géométrie descriptive aux *ombres* et à la *perspective*. Les questions classiques, détermination de la ligne d'ombre propre ou d'ombre portée dans les divers cas que l'on a à considérer, construction des *points brillants*, méthode des projections cotées et solution, par cette méthode, des problèmes élémentaires de la géométrie descriptive, sont traitées avec beaucoup de clarté et de précision. Viennent ensuite les principales définitions relatives à la perspective conique, l'exposition des procédés pour obtenir la perspective d'une figure dessinée sur le *géométral* (plan horizontal de projection) ou sur un plan vertical en fuite ; les théories de la perspective cavalière, de la perspective axonométrique et isométrique, avec un nombre suffisant d'applications bien choisies pour mettre en relief l'esprit des méthodes (perspective d'une niche, ombre portée dans l'intérieur d'une demi-sphère). Dans l'exposition de ces théories classiques, on reconnaît partout, à l'élégante concision des démonstrations, le savant familier avec toutes les ressources de la géométrie pure ; indiquons simplement comme exemples la demonstration (p. 7) de cette proposition, que la ligne d'ombre propre sur les surfaces à centre du second ordre est une courbe plane dont le plan est conjugué avec le diamètre passant par le point lumineux, la construction (p. 117) des axes de l'ellipse perspective d'un cercle horizontal, et les nombreux théorèmes de géométrie signalés en passant comme corollaires des principes exposés.

Ce n'est cependant pas là que se trouve, au point de vue des progrès de la science, l'importance essentielle du livre que nous analysons : il faut nous porter à la deuxième partie, dans laquelle les questions plus complexes des ombres et de la perspective sont rattachées à des méthodes nouvelles que l'on peut désigner, dans leur ensemble, par le nom de *géométrie cinématique*. Il faut entendre par là l'étude des propriétés de

l'étendue figurée, basée sur la considération du mouvement, ou plutôt du *déplacement* des figures, car le temps n'y intervient en rien.

On sait que depuis Ampère et Poncelet on a détaché de la mécanique générale certains chapitres où l'on étudie le mouvement en lui-même, abstraction faite des forces, des masses, etc... Se rapprochant plus encore de la géométrie proprement dite, « la géométrie cinématique a pour objet l'étude du mouvement indépendamment des forces et du temps. Il s'agit bien là du déplacement des figures et non du mouvement tel qu'il est considéré en mécanique, car à ce dernier point de vue « il n'y a réellement *mouvement* (dit Ampère), que quand, l'idée du « temps pendant lequel a lieu le déplacement étant jointe à celle du dé- « placement lui-même, il en résulte la notion de vitesse plus ou moins « grande avec laquelle il s'opère.» En employant d'une manière systématique des propriétés qui concernent les déplacements des figures, comme procédé de démonstration, je suis arrivé à constituer une nouvelle méthode géométrique au moyen de laquelle j'ai pu résoudre des problèmes jusqu'ici réservés à l'analyse infinitésimale. »

La considération des vitesses et du temps n'intervient, en effet, qu'accessoirement dans plusieurs théories cinématiques qui ont déjà doté la géométrie de ressources précieuses; telle est, par exemple, celle du déplacement continu d'une figure plane et invariable qui glisse sur son propre plan. Toutes les propriétés du mouvement de cette figure, celle en particulier qui identifie ce mouvement avec le roulement d'une courbe sur une autre, dépendent uniquement des relations qui ont lieu entre les positions simultanées des diverses parties de la figure invariable, nullement du temps que la figure met à passer d'une position à une autre. Sous ce rapport, on pourrait dire que les méthodes imaginées ou développées par M. Mannheim appartiennent plus spécialement à la géométrie, quoique, sous un autre point de vue, par leur relation intime avec les théories essentielles de la mécanique rationnelle, elles touchent de très près à cette dernière branche et fournissent au mécanicien de puissants moyens d'investigation. C'est ainsi que l'étude des petits déplacements d'un corps solide astreint à des conditions déterminées, la réduction de ces déplacements à quelque conception fort claire, nous est utile dans l'application du principe des vitesses virtuelles à la recherche des conditions d'équilibre du corps, et nous sert, dans les problèmes de rotation, de mouvement des projectiles, à établir sous la forme la plus directe et la plus simple les équations du mouvement des corps, comme aussi à obtenir une image géométrique fidèle et élégante de ce mouvement.

Les théories déjà connues et presque classiques de la géométrie cinématique, relatives au mouvement épicycloïdal, à la construction des centres de courbure, au déplacement infiniment petit d'une droite, d'un

plan, d'un solide dans l'espace, sont exposées dans l'ouvrage de M. Mannheim avec beaucoup de concision (1), mais d'une manière neuve et féconde ; on y retrouve une partie des nombreux théorèmes dont il a enrichi cette doctrine. Ainsi, le déplacement d'une droite de longueur constante dont les extrémités parcourent deux droites fixes se ramenant, comme on sait, à un mouvement épicycloïdal, il en déduit une construction aussi simple qu'élégante des axes de l'ellipse dont on connaît deux diamètres conjugués en grandeur et en position (p. 166). La théorie géométrique des *développantes* des lignes planes est enrichie, par des considérations cinématiques, de remarques intéressantes sur les points singuliers de différente nature dont ces courbes doivent être affectées. La construction du rayon de courbure des lignes décrites dans un mouvement plan, construction due à Euler bien qu'elle porte le nom de Savary, est démontrée élégamment, ainsi que la formule dont elle est la traduction et que M. Mannheim en déduit par la géométrie des transversales. Les propriétés du cercle, lieu des centres de courbure des enveloppes de toutes les droites entraînées avec la figure mobile, sont appliquées à divers problèmes de la manière la plus ingénieuse. Nous en dirons autant des propriétés générales des courbes gauches, de la construction du centre de courbure de l'hélice, de la théorie des surfaces réglées, gauches ou développables, où l'on retrouve les beaux théorèmes de M. Chasles présentés sous un nouvel aspect.

Mais à côté de ces perfectionnements dans des théories déjà bien connues, on doit à M. Mannheim des travaux constituant un ensemble et des chapitres nouveaux dans la géométrie cinématique. Si on laisse de côté les résultats particuliers, on peut les classer, nous semble-t-il, en quatre groupes : méthodes concernant les figures qui se déplacent en se déformant ; études sur le déplacement d'un solide assujetti à des conditions déterminées ; théorie des *normalies ;* recherches sur la surface des ondes.

Les travaux de la première catégorie sont fort importants : il s'agit ici de généraliser, d'étendre les propriétés du déplacement des figures *invariables* et les ressources qu'elles fournissent à la géométrie, à des figures *variables* en même temps que mobiles. MM. Chasles, Liguine, Grouard, etc... ont abordé cet ordre de questions en étudiant les figures qui se déplacent en restant semblables ou homographiques à elles-mêmes. La méthode de M. Mannheim, déjà résumée par E. Bour dans son Cours

(1) On pourrait même parfois désirer un peu plus de développement ; par exemple, p. 164, dans la démonstration du théorème cité plus haut sur les mouvements plans, pour montrer qu'il y a *roulement* et non simplement *glissement* d'une courbe sur l'autre.

de cinématique (1), a ceci de particulier, qu'elle se constitue de formules géométriques très générales et très simples. Il considère des droites se déplaçant en glissant sur des courbes fixes (leurs enveloppes); les variations de longueur de ces droites entre des courbes tracées, les variations des angles qu'elles comprennent entre elles, les rapports des éléments décrits par leurs extrémités, ont des relations très simples avec les segments formés par les normales à ces éléments sur les normales aux courbes enveloppes des droites mobiles. Ces relations s'appliquent à une foule de problèmes qui concernent des triangles ou polygones de forme variable; elles permettent de construire les normales et les centres de courbure de courbes engendrées dans des conditions assez compliquées, comme la développée de la développée de l'ellipse, les ovales de Descartes, etc...

Le cadre dans lequel M. Mannheim était obligé de se mouvoir ne lui a pas permis de donner à cette partie de la géométrie cinématique tous les développements qu'un traité spécial sur la matière devrait renfermer. Nous signalerons seulement la géométrie des *systèmes articulés*, qui a pris un si grand et si intéressant essor depuis les découvertes de MM. Peaucellier, Hart, Kempe; puis l'extension de la théorie des mouvements plans aux mouvements *relatifs*, dont nous avons tracé les lignes essentielles dans les *Annales de la Société scientifique de Bruxelles* (2). Cette méthode, qui nous paraît très féconde, a pour but, comme celle de M. Mannheim, de généraliser dans une direction nouvelle les ressources que la géométrie emprunte à l'étude cinématique des mouvements plans; elle nous a permis de résoudre facilement plusieurs problèmes abordés par le savant professeur.

Les études de M. Mannheim sur le déplacement d'une figure invariable dans l'espace se lient aux beaux travaux de M. Chasles sur cet objet, mais s'en distinguent par un examen plus spécial des conditions qui règlent ce déplacement. *Six* conditions fixent d'une manière absolue la position d'un corps solide; *cinq* permettent à l'un quelconque de ses points de se mouvoir suivant une courbe déterminée; *quatre* lui donnent la liberté de parcourir une surface déterminée. Or, des relations importantes existent entre les normales aux courbes ou aux surfaces que décrivent (suivant le nombre des conditions) les différents points du système invariable, et les couples d'axes de rotation qui, d'après la théorie de M. Chasles, déterminent le mouvement du système. C'est dans sa dix-neuvième leçon que M. Mannheim expose ces belles et intéressantes

(1) Avec certaine inexactitude de démonstration que nous avons corrigée dans notre *Cours de mécanique*, p. 67.

(2) Troisième année, Seconde partie, p. 81.

recherches ; un supplément contient de nombreuses applications géométriques aux *pinceaux* de droites, ce qui rattache cette théorie à celle des systèmes de droites inaugurée par Plücker.

L'étude des surfaces au point de vue de leur courbure, étude dont Euler et Monge ont posé les principes et qui compte au nombre des plus beaux chapitres de la géométrie, forme le point de départ des recherches de M. Mannheim sur les *normalies*. Il appelle ainsi toute surface réglée qu'engendre la normale à une surface en se déplaçant le long d'une courbe tracée sur celle-ci. On a considéré depuis longtemps les normalies *développables* (ce sont les seules) qui s'appuient sur les lignes de courbure de la surface ; en étudiant les normalies à un point de vue plus général, l'auteur a dû retrouver comme théorèmes particuliers les résultats obtenus avant lui. En effet, après avoir établi par des raisonnements simples un théorème fondamental sur les normalies qui passent par une même normale de la surface, il en déduit le célèbre théorème de Meusnier qui relie la courbure des sections obliques à celle des sections normales, une jolie construction du rayon de courbure de ces dernières au moyen des centres de courbure dits *principaux*, et la relation d'Euler qui forme la traduction algébrique de cette construction. Les mêmes considérations de géométrie cinématique conduisent M. Mannheim aux théorèmes bien connus de M. Bertrand, de Sturm et de Ch. Dupin sur les normales qui se groupent autour d'une normale déterminée de la surface. Nous ne dirons pas que ce soit là le chemin qu'il conviendrait d'adopter pour une exposition classique de la courbure des surfaces, mais à raison du plan général de l'auteur et des préliminaires qui en facilitent le développement, c'était bien celui qui convenait le mieux ici. L'étude de l'indicatrice dans les différents cas, des tangentes conjuguées et des surfaces osculatrices se trouve également rattachée d'une manière naturelle à cet ensemble de propriétés cinématiques, et l'on peut ainsi aborder par la géométrie pure des régions où l'analyse a jusqu'ici servi de guide exclusif.

La surface courbe qui, d'après les travaux de Fresnel, délimite l'ébranlement lumineux de l'éther dans les cristaux à deux axes optiques, présente, indépendamment de son intérêt en physique, un magnifique sujet d'étude pour les géomètres, sujet sur lequel se sont exercés Ampère, Mac-Cullagh, Plücker, etc... Généralement, c'est au moyen du calcul que ses propriétés ont été étudiées, la discussion des singularités de la surface paraissant exiger les ressources de l'analyse. S'appuyant sur la seule géométrie cinématique, M. Mannheim a abordé ces questions et d'autres plus difficiles ; il a publié dans divers recueils, sur la surface des ondes, des recherches du plus haut intérêt qui ont particulièrement attiré l'attention des géomètres anglais. Partant d'une défi-

nition de la surface de l'onde qu'il ramène immédiatement à celle de Mac-Cullagh, et qui revient à la considérer comme l'enveloppe d'un plan mobile en relation avec les sections diamétrales d'un ellipsoïde, il cherche le point de contact du plan mobile et de son enveloppe. Pour cela, il considère la surface, lieu des projections du centre de l'ellipsoïde sur ses plans tangents, puis la transformée de cette *podaire* par rayons vecteurs réciproques, et prouve que le problème se ramène à construire la normale à cette transformée. C'est à quoi il parvient en appliquant au plan qui renferme les rayons correspondants de l'ellipsoïde et de la transformée, les propositions relatives au déplacement d'un plan mobile (Chasles); il obtient ainsi la construction du point demandé et une seconde définition de la surface de l'onde.

Ces théorèmes permettent à M. Mannheim de discuter par la seule géométrie la forme de la surface, de montrer que les tangentes aux quatre points singuliers forment un cône du second degré, et qu'il existe quatre plans réels touchant la surface le long de quatre cercles. Enfin, la détermination de la normale en un point donné de la surface de l'onde se déduit de la même définition et des propriétés d'un plan mobile.

Jusqu'ici, les résultats sont connus ; mais l'éminent géomètre aborde plus loin le problème difficile, non résolu jusqu'à lui, de construire géométriquement pour un point de la surface les directions des sections de plus grande et de plus petite courbure et les rayons de courbure correspondants. Pour cela, il s'appuie sur ce théorème démontré par lui, que si un solide se déplace de façon que ses points parcourent des surfaces, les normales à ces surfaces, dans une position donnée du solide, vont toutes rencontrer deux droites déterminées. Un cas particulier de ce théorème, dans lequel les deux droites se déterminent aisément, s'applique à la figure formée par trois droites de l'ellipsoïde primitif et dont le déplacement est bien défini. Par là se trouvent construites les deux droites que rencontrent toutes les normales infiniment voisines de celle que l'on considère sur la surface de l'onde, droites qui marquent sur celle-ci les centres de courbure principaux, et dont les directions sont en outre parallèles aux tangentes aux sections principales. Un théorème élégant résume ces propriétés ; la construction des huit *ombilics* réels de la surface est aussi un résultat de la méthode.

Pour abréger, nous ajouterons seulement que les diverses théories dont nous donnons un aperçu trouvent d'importantes applications à la géométrie descriptive dans les derniers chapitres de l'ouvrage La construction des lignes d'ombre ou de contour apparent des surfaces réglées, en particulier des surfaces hélicoïdes, surfaces de vis à filet triangulaire ou à filet carré, la détermination des rayons de courbure principaux de

ces surfaces, sont présentées comme autant de corollaires. Un chapitre intéressant sur les surfaces topographiques termine le volume.

En résumé, l'ouvrage de M. Mannheim comprend, sous une forme condensée, un riche ensemble de méthodes et de théorèmes géométriques groupés systématiquement. Il contribuera encore à la réputation, déjà si bien établie, de l'auteur, en même temps qu'il facilitera aux savants l'étude d'une branche féconde de la géométrie, dont les ressources ne sont peut-être pas assez appréciées. Il fera certainement comprendre la nécessité d'accorder en France une part plus large dans l'enseignement, dans les encouragements des pouvoirs publics, dans les conseils de l'Académie des sciences, à ces méthodes si hautement appréciées à l'étranger, et aux hommes de valeur qui, comme M. Mannheim, se consacrent avec succès à leur avancement.

Ajoutons que d'abondantes citations, qui témoignent d'une érudition rare, signalent tous les écrits ou mémoires de quelque importance qui, dans les différentes langues, se rattachent aux questions traitées par l'auteur. Enfin, par la beauté de l'exécution, par la correction du texte et l'élégante clarté des figures, l'ouvrage est tout à fait digne de la maison Gauthier-Villars et de la haute réputation dont elle jouit dans la librairie mathématique.

Ph. G.

II

Cours d'astronomie nautique, par H. Faye, membre de l'Institut et du Bureau des Longitudes, etc. — Paris, Gauthier-Villars, 1880, in-8°.

Après le savant et important ouvrage publié en 1877 par MM. Yvon Villarceau et de Magnac sur la *Nouvelle navigation astronomique*, voici paraître un traité à la fois élémentaire et sérieusement scientifique d'Astronomie nautique, le premier, croyons-nous, que la France ait possédé jusqu'à ce jour ; il est signé d'un nom bien connu de ceux qui s'intéressent aux choses de l'astronomie, le nom de M. Faye.

Hâtons-nous de le dire : l'utilité, l'intérêt du livre de M. Faye ne s'arrête pas au cercle qu'il semble se tracer. Certainement, le marin qui veut se mettre rapidement au courant des méthodes que l'art nautique emprunte à l'astronomie s'empressera d'étudier ce volume substantiel ; il y retrouvera toutes les brillantes qualités de l'illustre académicien : la

justesse et la précision du langage, alliées à cette élégance et à cette clarté éminemment françaises qui distinguent son exposition ; l'art de conduire le lecteur, par un chemin sans fatigue et toujours en pleine lumière, aux questions les plus abstruses et aux résultats les plus élevés. Mais bien d'autres feront leur profit de cet excellent ouvrage, et tout professeur d'astronomie voudra s'assimiler les chapitres sur les coordonnées célestes, sur la parallaxe, sur la réfraction, sur la méthode des moindres carrés, sur les distances lunaires, etc.

L'ouvrage se divise naturellement en deux parties, la première contenant les notions d'astronomie, la théorie des instruments de mesure et celle des erreurs ; la seconde, la navigation par l'estime et les observations astronomiques à la mer.

Les premiers chapitres présentent une exposition lucide, fort utile dans sa précision aux débutants, des mouvements apparents du ciel, des différents systèmes de coordonnées astronomiques ou terrestres et des relations existant entre eux. Sur certains points, M. Faye introduit des innovations judicieuses dans la manière de compter des marins. Ainsi, chez lui, les azimuts sont comptés invariablement du sud vers l'ouest jusqu'à 360 degrés, convention uniforme pour tous les climats, qu'il est désirable de voir adopter. Les relations entre les diverses coordonnées, les formules de la trigonométrie sphérique sont fondées sur des transformations de coordonnées rectangulaires, ce qui leur donne toute la généralité nécessaire. Nous recommandons au lecteur une note intéressante sur le degré de précision obtenu dans les calculs, et des indications sérieuses, pratiques, compétentes, sur l'emploi des tables logarithmiques, la disposition à donner aux calculs numériques et les moyens à prendre pour s'affranchir des erreurs. C'est avec raison, à notre avis, que l'auteur rejette les formules *approchées*, les séries dont on prend quelques termes, etc.; on y gagne peu de chose sous le rapport de la facilité, on s'y expose à des déceptions sous le rapport de la précision.

L'influence que de très petites erreurs dans les grandeurs mesurées exercent sur la valeur des éléments qu'on en déduit par le calcul, est un sujet d'étude de grande importance dans l'astronomie de précision ; il est traité ici avec beaucoup de talent. Il en est de même des chapitres concernant les corrections à faire subir à toutes les observations, par suite de la parallaxe, de la réfraction astronomique et des différentes manières de compter le temps. A la théorie de la parallaxe se rattache celle de la figure de la terre, exposée d'une manière à la fois très complète et très simple, avec toutes les données de la géodésie la plus récente. Nous avons remarqué ce résultat rarement mentionné : l'angle de la verticale d'un lieu avec le rayon terrestre qui aboutit à ce lieu ne peut, en aucun point du globe, atteindre 12′. Nous avons déjà signalé

le chapitre de la réfraction ; la question y est traitée supérieurement, d'abord en supposant les couches d'air sensiblement planes, puis en tenant compte de leur sphéricité.

L'importance considérable des chronomètres dans la navigation moderne a nécessité des développements étendus et en partie tout à fait neufs. Donnons-en une idée. On sait que le chronomètre sert au marin à transporter partout avec lui l'heure de son méridien de départ, afin de la comparer avec l'heure du lieu qu'il occupe en mer et d'en déduire la longitude de celui-ci. Une telle montre doit marcher avec une extrême régularité ; on a adopté dans ce but l'échappement libre qui assure l'indépendance des mouvements du régulateur, mouvements dont la loi est d'ailleurs fournie par une formule bien connue. Pour prévenir l'effet de la température sur la marche de cette montre, le balancier est *compensé*, mais, quelque soin qu'on apporte à cette compensation, il reste un écart inévitable appelé *l'erreur secondaire*, dont il faut déterminer la loi pour chaque chronomètre. Or, d'après M. Lieussou, la relation entre le retard d'un chronomètre et la température peut être figurée par une parabole, et grâce à cette découverte remarquable, il suffit d'un petit nombre d'observations pour déterminer les constantes de la courbe et par suite la marche de l'instrument. C'est ce qui se pratique aujourd'hui officiellement en Angleterre, ce que M. Faye propose d'adopter en France, afin de fournir aux navigateurs les données qui leur permettent de corriger constamment leurs chronomètres. — Le temps détermine d'autres irrégularités de marche se rattachant à des causes inconnues, dont l'épaississement des huiles est certainement une, mais jusqu'ici l'on n'a pu découvrir la loi de ces perturbations singulières. M Faye fournit des exemples numériques, empruntés surtout à l'amirauté anglaise, qui mettent le lecteur en mesure d'apprécier la gravité de la question, les influences avec lesquelles il faut compter, en un mot, toutes les précautions à prendre pour tirer d'un chronomètre le meilleur parti possible. Le chapitre XI, qui contient les conclusions de l'éminent auteur sur l'usage des chronomètres à la mer et sur leur vérification par voie astronomique, dont il conseille la fréquente répétition, renferme les lignes suivantes où se lit toute sa pensée : « On entend dire souvent que les progrès de l'horlogerie ont rendu désormais les distances lunaires inutiles. Tout en applaudissant à ces progrès incontestables, il faut se rendre compte de leur portée. Or, voici comment M. Hartnup, directeur de l'observatoire nautique de Liverpool, qui a contribué lui-même avec éclat à ces découvertes, apprécie cette année même l'état des choses : « L'observatoire possède actuellement une ample collection de « renseignements sur la manière dont nos chronomètres se comportent « à la mer. Probablement peu de personnes se doutent du degré de

« précision qu'on peut atteindre aujourd'hui dans la détermination des « longitudes en mer lorsqu'on applique la correction due aux change- « ments de marche par l'effet de la température. Sur les soixante chro- « nomètres qui ont été dernièrement rapportés à l'observatoire, après « des voyages dont la durée moyenne est de cent dix jours, la moitié « de ce nombre n'a présenté qu'une erreur de 9^s, 3, c'est-à-dire de « 2 1/2 milles géographiques à l'équateur, après un voyage de près de « quatre mois. » Mais il faut noter ici qu'un de ces excellents chronomètres, pris au hasard, après avoir bien marché pendant cent jours, peut fort bien présenter, à partir du cent-unième, une perturbation qui ira en peu de temps à 45^s, c'est-à-dire à plus de 11 milles... Si, pour chaque chronomètre éprouvé par de longs succès on peut parier que dans le voyage qu'on va entreprendre on atteindra le haut degré de précision dont on vient de se vanter, *il y a juste tout autant de chances pour qu'il en soit autrement*. C'est donc naviguer au petit bonheur, à un contre un, que de se fier exclusivement à des instruments delicats sur lesquels le marin est absolument sans action, dont les dérangements toujours à craindre échappent à toute prévision théorique et restent inexplicables pour le constructeur lui-même lorsqu'il vient à les ouvrir, à les etudier pièce à pièce, la loupe à la main. »

Un autre instrument des marins est le *sextant*, cette précieuse invention de Newton qui sert à mesurer avec précision l'angle de deux astres malgré les oscillations du navire, en ramenant au moyen de deux petits miroirs le rayon venant d'un astre dans la direction du rayon venant de l'autre. Mais il faut au navigateur des indications mathématiques sur les petites erreurs qui résulteraient, soit du défaut de parallélisme entre l'axe optique de la lunette et le plan du cercle gradué, soit de la division même de celui-ci, soit d'un défaut de centrage, etc. Toutes les formules relatives à ces corrections sont ici exposées avec détail, ainsi que l'influence de ces erreurs sur les éléments mesurés. M. Faye explique avec soin l'usage habituel du sextant, pour prendre les hauteurs des astres au-dessus de l'horizon, avec toutes les précautions que demandent ces mesures et le calcul de l'erreur probable du résultat ; il termine cette partie de l'ouvrage par des notions sur la *Connaissance des temps*, qui est aussi pour le marin une sorte d'instrument, puisqu'il y trouve, calculées à l'avance, une foule de données astronomiques dont il a besoin pour déterminer sa route en mer.

La *Théorie des erreurs* se rattache naturellement à l'usage des instruments de mesure. Il s'agit ici, bien entendu, non des erreurs *systématiques* que l'on évite par un bon réglage des instruments et les soins apportés dans l'observation, mais des erreurs *accidentelles*, dont on ne peut se défaire qu'en partie et par une bonne combinaison des observations.

On a eu depuis longtemps l'idée naturelle de prendre la *moyenne* entre les diverses mesures d'une même quantité, et comme cela revient à choisir la combinaison qui rend un minimum la somme des carrés des erreurs (c'est-à-dire des différences entre la quantité cherchée et ses valeurs fournies par l'observation), on a étendu ce principe, cette *méthode des moindres carrés* à des relations plus compliquées entre les éléments que l'on mesure et ceux dont on cherche la valeur. M. Faye expose avec beaucoup de lucidité et d'intérêt les éléments de cette méthode; il la rattache en dernier lieu à la loi, formulée par Gauss, qui relie la probabilité d'une erreur de grandeur déterminée à la valeur numérique de cette erreur. Cette loi, M. Faye la déduit empiriquement de séries d'observations faites par Bradley et par le général Didion, mais cette déduction suppose implicitement le théorème de *Bernoulli*, dont il n'a pas été fait mention. Nous croyons que l'on peut conclure cette loi de la probabilité des erreurs d'un théorème de Laplace sur les moyennes, et de fait, comme M. Faye l'observe lui-même, il existe une relation tout à fait semblable entre le nombre des individus dont la taille, la force, etc., s'écartent d'une valeur moyenne bien déterminée, et la grandeur de cet écart. C'est la loi qui a tant occupé Quetelet, dont nous sommes surpris de ne pas rencontrer ici le nom.

La navigation *par l'estime*, celle qui n'emploie que des moyens très simples et qui fournit à la navigation astronomique des données approximatives, comprend l'usage du *loch* et de la boussole. M. Faye discute la pratique et les imperfections du premier de ces instruments; il montre qu'il peut servir jusqu'à certain point à donner la direction dans laquelle marche le navire; à ce propos, nous observons qu'il n'est pas fait mention du *gyroscope marin* de M. E. Dubois, destiné à fournir une indication précise sur les changements de route. Il est vrai que cet instrument coûteux sort de la pratique ordinaire. Quant à la boussole, d'une importance si capitale pour la direction des navires, l'emploi de plus en plus général du fer dans la construction de ceux-ci nécessite une étude complète de la déviation causée par le fer des vaisseaux. M. Faye nous explique d'abord la méthode empirique qui sert à mesurer l'écart entre le méridien magnétique apparent et le méridien vrai, dans les différentes orientations du navire, et pour représenter la loi de cette déviation, soit par un tracé graphique, soit par une formule à trois termes périodiques. Nous ne pouvons que signaler au lecteur l'étude extrêmement intéressante de la signification *physique* des termes de cette formule, déduite de leur période angulaire, ainsi que l'exposition de la célèbre théorie de Poisson par laquelle les phénomènes de la déviation ont été mécaniquement déterminés, leurs effets définitivement compensés par des aimants convenables.

Les chapitres suivants renferment l'étude mathématique de la courbe décrite par un navire qui coupe à angle constant les méridiens successifs (*loxodromie*), la théorie des cartes marines et celle des divers systèmes de projections qui s'y rattachent. La projection de Mercator, dont l'emploi domine dans ces cartes, est présentée en tenant compte de l'aplatissement de la terre. Toute cette section est remplie des développements techniques les plus instructifs.

Nous en dirons autant de la pratique des observations astronomiques à la mer, qui constitue la dernière partie de l'ouvrage et en quelque sorte la plus importante. L'auteur suppose ici que le marin, connaissant par l'estime approximativement sa longitude et sa colatitude à un instant donné, ainsi que l'azimut de la route qu'il suit, veuille les déterminer dans toute la précision que comportent ces éléments, par des observations astronomiques faites au sextant. C'est par la mesure des distances zénithales du soleil ou d'autres astres que, depuis Douwes, on détermine en mer la position du navire ; l'exposition et la discussion des différents procédés, des circonstances les plus favorables, des erreurs à craindre, occupe une partie notable de l'ouvrage. M. Faye consacre aussi quelques pages importantes aux méthodes plus récentes de M. Saint-Hilaire et du capitaine Sumner : la distance zénithale d'un astre étant observée, la *Connaissance des temps* fournit le moyen de tracer sur une carte marine le lieu des points où cet astre est vu sous la même distance zénithale au même instant ; c'est un petit cercle du globe, et avec deux observations semblables, on déterminerait la position du navire par l'intersection de deux cercles. La méthode de M. Saint-Hilaire consiste à substituer à ces deux cercles leurs tangentes en des points très voisins de leur intersection, points fournis par l'estime; ce qui simplifie beaucoup la construction.

Enfin, dans les derniers chapitres de l'excellent ouvrage que nous analysons, le lecteur trouvera les méthodes pour la détermination de l'heure de Paris par les distances lunaires, question capitale dans l'astronomie nautique, ainsi que diverses théories se rattachant au problème des longitudes en mer, problème dont nous avons remarqué plus haut, d'après la critique de l'éminent astronome, que les chronomètres ne fournissent pas une solution bien assurée.

Ph. G:

III

Les Études naturelles et la Bible, par le Dr Carl Güttler (fin).

Nous reprenons, au point où nous l'avions interrompu et sans nouveau préambule, le compte rendu de cet intéressant ouvrage. On se rappellera que la partie déjà analysée traite les questions relatives à la Cosmogonie, la Géogonie, l'Astronomie et la Paléontologie.

V. *Anthropologie.*

Le cadre uniforme assigné d'avance par Güttler à tous les chapitres de son livre a pu s'adapter sans trop d'efforts au sujet des quatre premiers. Dans chacun d'eux, les données de la science, puis celles de l'exégèse, se sont assez nettement réparties entre les deux sections successives, destinées à les renfermer respectivement et à les confronter. Mais les questions débattues au sujet de l'homme ne se prêtent plus aussi bien à un tel mode de division. Si donc il a paru bon à l'auteur d'en conserver l'apparence extérieure, du moins faut-il avertir le lecteur de n'y pas attacher trop d'importance. Il ne doit pas se croire tenu de trouver des fondements profonds à cette symétrie toute superficielle. Pourquoi le matérialisme, le darwinisme et la théorie simienne sont-ils rangés dans la première section du présent chapitre sous la rubrique d'*Anthropologie*, tandis que l'unité de l'espèce humaine et la philologie comparée sont réservées à la seconde, intitulée comme toujours : *la Bible?* Nous n'en voyons guère d'autre raison que l'intérêt de cette disposition systématique adoptée une fois pour toutes.

En réalité, les données bibliques sont ici de telle nature que quelques lignes suffisent pour tout dire à leur sujet. Les théories des savants ne peuvent être traitées avec cette heureuse brièveté ; elles exigent une discussion d'autant plus étendue qu'elles sont plus incertaines et souvent plus aventurées. Leur exposé et leur critique envahissent ainsi principalement les deux sections du chapitre *de l'Homme.*

Sous le bénéfice de ces remarques, nous pourrons suivre avec plus de liberté d'esprit l'analyse des cinq articles dans lesquels le sujet se subdivise.

La Bible enseigne que le corps de l'homme, formé, comme la science le reconnaît aujourd'hui, des éléments de la terre, n'a été vivifié que par

une action spéciale et vraiment créatrice de Dieu. Elle enseigne aussi que tous les hommes actuellement vivants sur la terre descendent d'un même père et d'une même mère. Il n'y a jamais eu dans la tradition chrétienne aucune hésitation sur l'un ni sur l'autre point.

Dès l'antiquité cependant, mais plus que jamais dans les temps modernes, diverses théories ont contesté, sous prétexte de science, tantôt l'origine créée de l'homme et tantôt l'unité de l'espèce humaine. Cette dernière question, dit Güttler, a surtout préoccupé la fin du dix-huitième siècle et le commencement du nôtre, tandis que de nos jours la discussion se concentre plutôt sur la première. — C'est à cette question de l'origine de l'homme que se rapportent plus ou moins directement les trois articles qui vont suivre.

I. *Matérialisme* — Les adversaires les plus radicaux de la création de l'homme sont ces étranges philosophes qui rejettent jusqu'à *l'existence* de Dieu, pour n'attribuer qu'à la seule matière cette existence éternelle et cette infinie fécondité sans lesquelles on ne peut rendre aucun compte de l'origine des êtres. Ils décorent ainsi la matière de ceux des attributs divins dont elle impose directement l'idée ; ils dépouillent Dieu des autres et croient l'avoir anéanti.

Le caractère distinctif du matérialisme de nos jours serait, au dire de ses coryphées, Büchner, Moleschott, Vogt, Hæckel etc., de s'appuyer sur une base expérimentale fournie par le progrès des sciences de la nature. Le fait est cependant qu'en faisant miroiter mille reflets d'érudition autour de leurs théories creuses, ces auteurs réussissent tout au plus à en dissimuler le vide ; au lieu de démontrer leurs principes, comme ils le prétendent, ils continuent de les affirmer gratuitement, et ne trompent que les lecteurs dont l'esprit se laisse étourdir.

Rien ne nous paraît plus frappant dans le présent article que les démentis absolus infligés à ce genre de prétentions par de grandes autorités scientifiques. Ils n'émanent pas seulement de savants spiritualistes, de la part desquels ils ne sauraient surprendre ; mais certains hommes que le materialisme allemand regardait naguère comme ses colonnes, se sont eux-mêmes sentis pressés de protester contre ses excès les plus flagrants. Du Bois-Reymond et Virchow, éminents entre tous par leur science positive, ont pu rester matérialistes par des raisons étrangères à cette science, mais ils ont tenu à se séparer du dogmatisme outrecuidant des savants vulgaires.

Dans un grand discours sur « les Bornes de la Philosophie naturelle (1), » Du Bois-Reymond, tout en réduisant autant qu'il le croit pos-

(1) Ce discours a été prononcé à Leipzig en 1872, lors du congrès tenu dans cette ville par la Société des médecins et naturalistes allemands.

sible les mystères à jamais insolubles du monde observable, reconnaît cependant deux barrières que notre intelligence ne saurait absolument franchir. La première est la nature de la matière et de la force, ou l'essence des corps ; le seconde est le phénomène de la pensée. Avec moins d'élégance, mais autant de conviction que Fénelon (1), il déclare « qu'il est absolument et à tout jamais impossible de comprendre comment un certain nombre d'atomes de carbone, d'hydrogène, d'azote, d'oxygène, etc... ne seraient pas indifférents à la manière dont ils sont situés et dont ils se meuvent, dont ils ont été situés et se sont mus, dont ils seront situés et se mouvront. Si leur situation et leur mode de mouvement ne leur étaient pas indifférents, il faudrait se représenter chacun d'eux comme doué de conscience à la manière des monades. Mais la conscience ou la pensée n'en serait pas expliquée pour cela, ni le moindre pas fait vers l'explication de l'unité de conscience dans l'individu. »... « Telle est la seconde borne de notre philosophie naturelle. Qu'il s'agisse d'expliquer la nature de la force et de la matière, ou celle de l'activité mentale et de ses conditions matérielles, l'humanité, depuis deux mille ans et en dépit de toutes les découvertes de la science, n'a fait aucun progrès mental. *Elle n'en fera jamais.* »

Quant à Virchow, c'est dans les *Archives de Pathologie* qu'il porte sur les docteurs du matérialisme ce jugement remarquable de sa part : « Il y a un dogmatisme matérialiste aussi bien qu'un dogmatisme théologique et idéaliste. Sans aucun doute le matérialiste est le plus dangereux, parce qu'il renie sa nature dogmatique et se présente sous le vêtement de la science ; parce qu'il se donne pour empirique alors qu'il est seulement spéculatif, et parce qu'il veut dresser les frontières des sciences naturelles sur un terrain où évidemment celles-ci ne sont pas encore compétentes. »

2. *Darwinisme.*— L'éternité de la matière étant le premier dogme des matérialistes, pourquoi n'admettraient-ils pas au même titre l'éternité de la vie, voire même l'éternité des espèces animales et végétales ?

Plusieurs y ont bien pensé, et il est certain qu'une solution si simple du problème des origines compterait aujourd hui de nombreux partisans, si la métaphysique était seule à la combattre. Cette belle science a sans doute des arguments invincibles ; mais ils sont trop abstraits pour imposer leur évidence à des esprits que l'habitude et le préjugé ont, pour ainsi dire, matérialisés.

Par malheur pour cette solution si simple, l'astronomie et la géologie élèvent aussi sur son chemin des barrières infranchissables : la vie n'a

(1) *Existence de Dieu.* — 1re Partie, no 44.

pas toujours existé sur notre globe ; les premiers êtres vivants y ont été tout différents de ceux qui le peuplent aujourd'hui, les types actuels d'animaux et de végétaux sont même de date relativement très récente. Force est donc de reconnaître une origine temporelle à la vie et aux espèces, et, s'il se peut, d'en assigner une raison suffisante. Les spiritualistes trouvent cette raison dans la toute-puissance d'un Dieu créateur ; les matérialistes n'ont d'autre ressource que de la chercher dans la fécondité de leur matière éternelle

La vie sortira donc pour eux de la matière par *génération spontanée ;* mais il répugnerait trop à l'imagination (dont ces soi-disants philosophes sont plus dupes qu'ils ne le pensent), de faire surgir ainsi de toutes pièces les organismes supérieurs, comme le cheval sort de la terre frappée par le trident de Neptune. Aussi la génération spontanée ne sera-t-elle admise que pour les plus infimes rudiments des règnes animal et végétal ; puis de ces premiers germes vivants qui s'éveillent au sein de la matière brute, ce sera par un lent progrès, par un développement insensible, par d'interminables séries de variations imperceptibles, que l'on fera sortir, à force de temps, toute la multitude des êtres organisés, depuis la moisissure jusqu'au cèdre, depuis le zoophyte jusqu'à l'homme.

Tel est, dans son essence, le fameux système de l'évolution, du transformisme, tant vulgarisé parmi nous sous le nom de Darwinisme. Ce nom, dans l'usage qu'on en fait, manque de propriété ; car la théorie de Darwin n'est qu'une forme entre plusieurs autres du système général auquel on l'applique souvent, et ce n'est pas la plus spécieuse.

Güttler a traité de la génération spontanée dans l'article précédent ; et c'est seulement en vue de condenser notre analyse que nous rattachons ici le peu que nous en voulons dire.

La théorie des générations spontanées est pour les matérialistes de nécessité indispensable, et leur zèle à la patronner est extrême. De là vient sans doute qu'elle inspire à certains spiritualistes une répulsion vraiment outrée, ou du moins trop peu raisonnée.

A la prendre en elle-même, l'*idée* de génération spontanée n'a rien d'inconciliable avec les principes du spiritualisme chrétien ; on ne voit pas que rien, *à priori*, empêchât le Créateur d'établir une loi d'organisation spontanée de la matière. Aussi bien, les Pères de l'Eglise et les théologiens du moyen âge ont-ils accepté sans répugnance cette opinion telle qu'elle avait cours de leur temps.

Il n'y a donc point là pour nous de question de principe et de nécessité, comme il y en a une pour les matérialistes, mais seulement une question de fait et d'observation. Or les *faits* les mieux constatés repoussent aujourd'hui de ses derniers retranchements la théorie des généra-

tions spontanées, et c'est la science, non la Bible ni l'Église qui nous oblige de la tenir pour proscrite.

Güttler cite à bon droit, comme tranchant la question, les célèbres expériences de M. Pasteur. Il ne pourrait omettre aujourd'hui celles de M. Tyndall, plus récentes, plus simples encore dans certains de leurs procédés et non moins concluantes dans leurs résultats. L'entière conviction qu'elles ont produite dans l'esprit de leur auteur n'est pas la moindre preuve de leur netteté ; car si l'on sait partout que M. Tyndall est passé maître dans l'art d'expérimenter, on sait aussi qu'il y a peu d'années, dans une circonstance solennelle (1), il s'était fait le porte-voix de l'école matérialiste, pour proclamer un manifeste dont le bruit a retenti sur les deux bords de l'Atlantique.

Cette école continue sans doute d'admettre, *à l'origine des choses*, la génération spontanée dont elle ne saurait aucunement se passer pour expliquer la production des premiers êtres vivants. Mais, puisqu'elle ne peut retrouver aucune trace d'une telle génération dans l'ordre actuel de la nature, il doit être bien constaté que ce n'est pas au nom de l'expérience qu'elle adhère à cette théorie ; c'est au nom d'une métaphysique de son choix, à laquelle nous gardons le droit de ne pas sacrifier la nôtre.

A la génération spontanée succède l'évolution et la transformation progressive des premiers êtres vivants. Elle n'est pas moins indispensable aux matérialistes pour expliquer sans Dieu l'origine de ces innombrables espèces d'animaux et de végétaux, qui ont successivement peuplé ou peuplent encore aujourd'hui la face de notre globe. Resterait pourtant à savoir comment, sans Dieu, on explique l'évolution même.

Darwin, il faut le dire, n'affecte pas cette prétention : le Créateur intervient, dans quelques lignes bien connues du livre de l'Origine des espèces, pour infuser le principe de la vie au premier être organisé, peut-être même à un petit nombre de types primitifs. Güttler cite encore un autre passage où le novateur en revient finalement aux « lois imprimées à la matière par le Créateur. »

Ainsi expliquée, l'évolution ne serait pas *à priori* plus condamnable, au nom de la Bible (2), que la génération spontanée ; l'observation scientifique pourrait être appelée à prononcer en dernier ressort sur une théorie comme sur l'autre. Seulement, une telle évolution n'est réel-

(1) Au congrès tenu par l'Association britannique à Belfast en 1874.

(2) Il est à peine utile de dire que les expressions *secundum genus suum*, *secundum species suas*, employées par la Vulgate au sujet de la création des animaux, ne doivent pas être entendues dans le sens technique de genre ou d'espèce zoologiques.

lement plus le système de Darwin, car tous les travaux de cet auteur ne tendent qu'à expliquer les transformations des espèces par le plus aveugle hasard.

Güttler s'attache surtout au darwinisme proprement dit, c'est-à-dire au système qui explique l'origine des espèces animales et végétales par la sélection naturelle résultant de la concurrence vitale. Il expose très convenablement l'historique et la nature de ce système, ainsi que la réfutation de ses principes généraux ; mais ce sont aujourd'hui questions rebattues et l'analyse en serait oiseuse. Nous détacherons seulement quelques traits un peu plus saillants des réflexions de notre auteur ou de celles qu'ils emprunte à d'autres.

Il signale à deux reprises, et fort à propos, dans le mode d'exposition de Darwin un vice qui peut échapper à des lecteurs trop passifs : ce sont des digressions innombrables, c'est une discussion dispersée, ramifiée, disséminée en tous sens pour aboutir finalement à mille possibilités et conjectures qui ne sauraient confirmer en rien l'hypothèse fondamentale ; car au lieu de venir par voie d'*induction* lui prêter un nouvel appui, ces hypothèses subsidiaires ne sont au fond que des *déductions* de la première et ne s'appuient que sur elle.

La seule nomenclature de ces hypothèses est significative. Elle donne à sourire aux esprits qui regardent à travers les mots. S'agit-il, par exemple, de préciser la loi de progrès organique préposée par Darwin à toute l'histoire des règnes vivants ? Voici trois lois auxiliaires d'adaptation, l'une conservatrice, la seconde progressiste, la troisième rétrograde, avec lesquelles on aura raison de tous les cas discordants.

Se trouve-t-il parfois que la variation des types s'accélère ? On invoque un «*principe* de tendance à la variabilité » ; s'il arrive qu'elle se ralentisse, un autre *principe* intervient : celui de la « variabilité décroissante.» N'est-ce pas ainsi qu'il y a vingt ans, quand on voulait se mêler d'une guerre, on s'armait du « *principe* des nationalités, » et quand on voulait s'abstenir, on se retranchait dans le « *principe* de non-intervention.» Encore un exemple cité par Güttler, et qui passe les autres : toutes les ressemblances de structure entre les animaux sont attribuées par Darwin à l'*hérédité*. Mais quelle n'est pas la fécondité de ce principe unique ? Qu'on en juge par la variété des lois particulières qu'il renferme : loi d'hérédité continue, d'hérédité latente, d'hérédité mixte, d'hérédité simplifiée, d'hérédité homochrone, d'hérédité consolidée, etc... Hæckel, le Darwin de l'Allemagne, devant lequel Darwin lui-même aurait voulu se taire s'il eût connu plus tôt le génie d'un tel disciple, Hæckel pousse beaucoup plus loin son énumération. Il la couronne enfin par une *loi d'hérédité falsifiée* qui restera le chef-d'œuvre du genre : toute dérogation rentrera donc désormais dans la loi, elle devient une loi ; toute

exception confirmera la règle, elle devient une règle. Vraiment les moralistes et les légistes ont l'esprit bien lent, de n'avoir pas encore songé à ce moyen merveilleux de supprimer d'un coup tous les délits et tous les crimes.

Hæckel, en dédiant l'un de ses derniers ouvrages à l'illustre physiologiste Carl Ernst von Bär, avait pu le nommer à bon droit « le plus grand ontogéniste de notre siècle et le maitre le plus vénéré de la science du développement.» Les découvertes embryologiques de von Bär ont fait époque ; Hæckel en prétendant les incorporer au darwinisme comme partie intégrante avait donc bien mérité de ce système.

Mais voici que les dernières *Études* de von Bär, publiées à Saint-Pétersbourg l'année de sa mort (1876), infligent au darwinisme la plus solide réfutation peut-être qu'il ait encore subie. Sans déclamation, sans violence, sans oubli des mérites de ses adversaires et en particulier des observations zoologiques d'Hæckel, von Bär, avec la sérénité d'une science supérieure, écarte les jongleurs de mots et dément les interprétations arbitraires, voire même «falsifiées» qu'on donne à ses découvertes. « Le développement d'un individu ,» dit-il en propres termes, « ne parcourt pas l'échelle du règne animal.»

C'est la négation catégorique d'une prétendue loi dont Hæckel, son inventeur, se glorifiait comme d'un coup de maître.

Güttler n'a contre Darwin aucune animosité personnelle ; il ne refuse pas aux discussions de détail si chères à ce naturaliste l'attention qu'elles méritent ; mais il insiste avec raison pour qu'on en revienne à la question de la variabilité de l'espèce comme au point essentiel de tout le débat. Or, de toutes les recherches récentes provoquées par le darwinisme, et de la multitude des faits curieux qu'elles nous ont révélés, ce qui ressort toujours c'est une variété *limitée*, et qui ne franchit point les bornes de l'espèce.

Les aveux d'Huxley sur ce point sont pleins d'intérêt, car ce naturaliste d'une rare habileté n'a pour le darwinisme que des préventions favorables. Il reconnaît cependant que jamais encore l'expérience n'a montré que d'une même souche animale ou végétale la sélection tirât des produits assez divergents pour constituer des espèces physiologiques distinctes (1). « Sur ce point, » conclut-il, « l'hypothèse de Darwin est tenue de fournir la preuve du fait. Jusque-là mon adhésion à cette hypothèse reste provisoire. »

(1) Le caractère essentiel des espèces physiologiques, dont personne ne conteste l'existence *dans la nature actuelle*, est l'impossibilité d'unions fécondes ou du moins indéfiniment fécondes entre individus d'espèces distinctes.

Une question intéressante et actuelle se poserait ici. Quel degré de probabilité la philosophie d'une part et l'observation de l'autre peuvent-elles accorder aux idées évolutionnistes, mais non darwinistes, de quelques savants contemporains, très éloignés du matérialisme, très attachés même à la foi chrétienne? Il n'est point entré dans le plan de Güttler et il ne saurait dès lors entrer dans le nôtre d'approfondir tant soit peu cette question. Disons seulement que divers textes de saint Augustin, désignés dans une note comme favorables au transformisme, ne nous paraissent pas avoir cette portée, à les considérer en eux-mêmes; mais surtout ils n'indiquent ni de loin ni de près qu'une telle idée se soit jamais présentée à l'esprit du saint docteur.

3. *Théorie simienne.* — « Si les idées de Darwin sont justes, » dit quelque part Huxley, « elles s'appliquent aussi bien à l'homme qu'aux mammifères inférieurs. » Sous un ton dégagé, cet aphorisme cache un tort grave : ou bien il n'envisage dans l'homme que le côté physique de sa nature ; ou bien il suppose que l'intervalle psychologique entre les animaux et l'homme est de même ordre que l'intervalle organique, et peut être franchi par les mêmes moyens.

Or si Darwin a tenté d'appliquer les principes de la sélection au domaine psychologique, c'est un point qu'il n'a touché que d'une façon toute superficielle (1).

Quoi qu'il en soit, la réflexion d'Huxley devait naître ou se greffer dans bien d'autres cerveaux que le sien sur la tige du darwinisme. N'était-elle pas selon l'esprit intime de maint fauteur du système? Ne conduirait-elle pas enfin à bon terme l'élimination du Créateur?

Güttler, ayant surtout en vue l'Allemagne, ne peut éviter de reconnaître que, en grande majorité, les savants qui ont pris à tâche de rendre plausible l'origine animale de l'homme, ont ce pays pour berceau. Par quelques citations empruntées à ces apôtres de la théorie simienne, il nous édifie rapidement sur leur dignité scientifique. Il faut, dit Carl Vogt, « mettre sans plus de façon le Créateur à la porte, et ne plus laisser la moindre place à l'action d'un tel être. » A ce grossier blasphème, Hæckel joint de grossières insultes à l'adresse des contradicteurs. « Les adversaires de la théorie de la descendance, » dit ce grand maître de la secte, « font souvent preuve, dans leur langage, d'un tel défaut de naturel, de clarté, de pénétration, d'une telle incohérence d'idées qu'elle les place décidément au-dessous de ce qu'il y a d'un peu

(1) Güttler le dit à propos du livre de l'Origine des espèces ; mais les travaux antérieurs et spéciaux de Darwin ne peuvent modifier ce jugement ; les études de M. l'abbé Lecomte l'ont amplement prouvé aux lecteurs de la *Revue*.

intelligent parmi les chiens, les chevaux et les éléphants. Ce qui fait le grand avantage de ces animaux, c'est qu'ils ne sont point bornés par les barrières alpestres des dogmes et des préjugés, qui, dès l'enfance, jettent d'ordinaire l'esprit de l'homme dans une fausse voie; aussi n'est-il pas rare de trouver chez eux des jugements plus sains et plus naturels que chez nos semblables et particulièrement chez les savants.»

Cet échantillon d'esprit philosophique était opportun à citer, car tout naturaliste que soit Hæckel, il n'invoque guère au fond que des arguments logiques pour établir la descendance simienne de l'homme; et ces arguments se réduisent même à l'induction, irrésistible selon lui, qui naît de la théorie générale de la descendance.

Vogt et Huxley ne s'en sont point contentés, ils sont entrés dans les voies de l'observation ; ils ont minutieusement décrit les caractères anatomiques des différentes espèces de singes; ils les ont comparées entre elles et avec les différentes races d'hommes. Vogt saupoudre son exposition d'une foule de pointes de toutes qualités; Huxley garde la tenue d'un gentleman et la sobriété de langage d'un savant ; mais leurs résultats sont analogues ; des différences anatomiques importantes séparent l'homme des singes, même des espèces dites anthropoïdes qui sont les plus voisines de lui. « Chacun des os du gorille, dit Huxley, porte des caractères par lesquels il se distingue facilement de l'os correspondant de l'homme. » Vogt ne suppose pas davantage un instant que l'homme puisse descendre immédiatement d'aucune des espèces de singes actuellement connues. Tous deux en appellent à l'avenir pour révéler les intermédiaires parmi les espèces exotiques ou plutôt parmi les fossiles.

En attendant Vogt n'hésite pas à affirmer bruyamment l'origine animale de l'homme ; Huxley, plus délicat, laisse aux lecteurs intelligents à tirer cette conclusion de l'exposé des faits qu'il leur présente, faits donnés par lui comme incontestables, et groupés avec un art sophistique.

Ce que Güttler ajoute, preuves en mains, c'est que des autorités scientifiques de premier ordre s'inscrivent en faux contre plusieurs de ces prétendus faits, et contre le groupement artificieux qui leur prête une signification arbitraire. Citons seulement le jugement de von Bär, qui, tout en regardant comme très remarquable le livre d'Huxley, en déclare fausse la tendance principale, et regrette cordialement les efforts qu'on a faits pour effacer le plus possible la différence entre l'homme et les quadrumanes. Ce n'est pas au point de vue de notre dignité intellectuelle et morale qu'il se place en parlant ainsi; c'est au seul point de vue de l'histoire naturelle et de l'exactitude scientifique.

Von Bär ne pense pas plus favorablement de l'ouvrage dans lequel Darwin a voulu, par une voie nouvelle, apporter aussi son appoint à la thèse de ses amis scientifiques. « Pour parler sans détours, » dit le grave

savant à propos de ce livre de la *Descendance de l'Homme*, « il me semble que ce long travail, avec tous les rapprochements intéressants qu'il peut offrir au zoologiste, démontre d'une manière frappante à quel point l'imagination arrive à développer une idée que l'on caresse. »

On ne saurait mieux caractériser dans son ensemble l'histoire entière de la théorie simienne. D'assez nombreux détails rapportés par Güttler permettent au lecteur de s'en convaincre.

4. *Unité de l'espèce humaine.* — « La Bible renferme clairement cette proposition, que tous les hommes sont issus d'un seul homme et d'une seule femme, en première ligne d'Adam et d'Ève ; en seconde ligne de Noé et de ses fils (1). A cette unité d'origine se rattache le dogme chrétien du péché originel et de la rédemption. » Ainsi débute le nouvel article que Güttler, en vertu de son plan général, a dû placer sous le titre comme sous le patronage de la Bible.

Ce que nous trouvons de fondé dans cette attribution, le voici : c'est que de toutes les questions sujettes aux investigations des sciences naturelles, il n'en est point une seule sur laquelle la Bible s'explique avec une autorité aussi absolue que sur l'unité de l'espèce humaine. Nous n'en voyons pas une seconde sur laquelle la foi nous dicte une solution si précise. Mais cette netteté même de la doctrine est ce qui coupe court ici à toute discussion d'exégèse, en sorte que la tâche de l'apologiste se borne à relever et à résoudre les doutes et les objections opposés par la science profane. Güttler y consacre trente-cinq pages compactes dont nous lui empruntons textuellement le résumé final.

« Le résultat de notre enquête, dit-il, se résume dans cette conclusion :

» La filiation du genre humain à partir d'un seul couple primitif est possible et vraisemblable, parce que :

1° Toutes les races humaines ne sont que des variétés d'une espèce unique ;

2° Il y a concordance entre toutes dans les traits essentiels du type organique, et transition de l'une à l'autre relativement aux traits secondaires ;

3° Les comparaisons établies avec les règnes animal et végétal manifestent dans ceux-ci des différences bien plus considérables, lesquelles

4° Peuvent être issues, sous les influences naturelles, d'un type unique primitif préposé à l'espèce.

5° Des savants d'une grande compétence, sont favorables à cette doctrine.

(1) Voir la note (1), pag. 253.

6° Enfin les difficultés de nature arithmétique et géographique alléguées contre elle sont sans fondement. »

On ne doit point s'étonner qu'une discussion d'arguments purement scientifiques n'aboutisse qu'à une *possibilité* et une *vraisemblance* relativement à l'unité d'origine du genre humain, entendue dans le sens d'un couple primitif unique. On ne voit, au contraire, aucunement comment nos sciences naturelles pourraient aller plus loin.

L'anatomie et la physiologie comparées, si on les consultait exclusivement, ne sauraient même établir que l'unité d'espèce, qui équivaut à la possibilité, mais non à la nécessité d'une origine unique. En y joignant les considérations géographiques, historiques, philologiques ; en profitant du jour qu'elles jettent sur les migrations des races, on conçoit qu'on puisse arriver jusqu'à démontrer scientifiquement l'*unité locale d'origine*, et à déterminer avec plus ou moins d'approximation le berceau primitif du genre humain. Mais à quelle science appartiendrait-il d'établir qu'en ce berceau le genre humain n'a été créé qu'en la personne d'un seul père et d'une seule mère ? Aussi bien suffit-il pleinement à l'apologiste que la science ne démontre point le contraire, et elle en est fort loin.

Il y a d'autant moins lieu de nous attarder aux détails de la discussion que le livre si remarquable de M. de Quatrefages sur l'*Espèce humaine* a été analysé ici même avec toute l'étendue convenable. Ce livre met en pleine lumière scientifique l'unité réelle de l'espèce humaine. Nous n'emprunterons donc plus à Güttler, dans ce quatrième article qu'une ou deux citations, où se dévoile clairement l'esprit d'hostilité systématique contre toute doctrine révélée, dont s'inspirent toutes les opinions d'un Carl Vogt ou d'un Hæckel.

Le darwinisme est à l'ordre du jour dans leur école ; l'origine simienne de l'homme y est érigée en principe. Or, tous les hommes étant ainsi reconnus pour fils ou cousins des singes, il paraîtrait bien naturel de les croire frères les uns des autres ; mais sur ce point on serait en danger de s'accorder avec la Bible, et c'est ce que Vogt ne peut entendre. Et pourquoi donc, demande-t-il, « ne pourrait-on pas des singes américains faire dériver les races humaines d'Amérique, des singes africains les nègres, des singes d'Asie les nigrites ? »

Hæckel se garde, il est vrai, d'une inconséquence aussi patente. Il reconnaît, comme Darwin et Huxley, que les principes du transformisme poussent irrésistiblement à reconnaître l'unité de l'espèce humaine. « On ne peut douter, » écrit-il, « que dans un sens large, l'idée des monogénistes qui soutiennent l'unité d'origine et la communauté de sang de toutes les races humaines, ne soit l'idée vraie.» Mais n'allons pas croire sur cette parole qu'Hæckel accepte, pour une fois, de se trouver d'ac-

cord avec la Bible. Son sens large lui réserve tout l'espace nécessaire pour fuir un tel déshonneur, et dans une édition subséquente du même livre, il a bien soin de protester contre tout soupçon d'accord. « Nous ne voulons NATURELLEMENT pas dire que tous les hommes descendent d'un même couple. *En aucun cas* une telle hypothèse n'est soutenable. — Jamais il n'a existé *un premier couple humain*, ni plus généralement *un premier homme*. Quand une nouvelle espèce sort d'une espèce existante, c'est toute une longue chaîne d'individus qui participe à cette transformation, et parmi tous les couples de singes-hommes et d'hommes-singes qui appartiennent aux véritables ancêtres du genre humain, il serait entièrement impossible d'en désigner un comme le premier couple. »

Nous demanderions pardon au lecteur de l'occuper de telles platitudes, si ce n'était justice envers ces prétendus oracles de la science, et charité envers le public de les lui faire connaître tels qu'ils se peignent eux-mêmes.

5. *Philologie comparée.* — En commençant l'analyse de ce dernier article du chapitre *de l'Homme*, nous demandons plus explicitement une permission dont nous avons déjà usé çà et là : celle d'associer aux données que nous fournit notre auteur les réflexions qu'il nous suggère et de ne point tant viser à reproduire exactement sa marche qu'à résumer brièvement le sujet.

De l'unité d'origine du genre humain, l'unité primitive du langage s'ensuit, du moment où il est certain, comme la Bible nous le montre, que le langage même remonte jusqu'au premier homme. La Bible semble nous dire aussi, par l'histoire si connue de la Tour de Babel (Gen. XI, 1-9), qu'à la suite du déluge, l'unité de langage se conserva longtemps au sein des familles humaines redevenues nombreuses ; puis qu'une action particulière de la justice divine vint hâter leur dispersion en provoquant la confusion des langues. Il faut pourtant reconnaître que le sens précis du passage en question, n'est pas exempt de plusieurs incertitudes : quelques-unes d'entre elles seront signalées plus bas. D'un autre côté, les affinités mutuelles des langues sont devenues de nos jours l'objet d'une science spéciale, la philologie comparée, que sa méthode et ses résultats rattachent aux études naturelles, en même temps qu'à l'histoire.

Par des procédés d'analyse aussi féconds et plus neufs encore que ceux dont la découverte a créé la science chimique, cette science philologique saisit, entre beaucoup de langues, les liens d'une parenté qui éclaire celle des peuples. Un tel genre de recherches intéresse évidemment la question des origines de l'espèce humaine. Il en peut sortir pour

l'apologiste des arguments précieux à recueillir, parfois aussi des difficultés à résoudre.

Un des plus importants résultats de la philologie comparée est la détermination d'un certain nombre de familles naturelles de langues ; quelque obscur que soit souvent, dans plusieurs de ses parties, l'arbre généalogique d'une telle famille, il n'en est pas moins vrai que les affinités mutuelles des langues qui la composent sont souvent ainsi mises hors de doute : on n'en peut citer de plus bel exemple que la famille si vaste et si bien constituée des langues *indo-européennes*, ou comme on les appelle aujourd hui d'un seul mot, des langues *aryennes*. Elle se partage, dit Güttler, en huit familles secondaires : indienne, iranienne, celtique, grecque, italienne, lithuanienne, slave et germanique ; chacune de ces familles se subdivise en plusieurs groupes de langues, dont notre auteur donne une longue énumération. Il est à remarquer, ajoute-t-il, que ces langues se rapprochent, non seulement par des ressemblances surprenantes dans un grand nombre de mots, mais aussi, ce qui importe encore davantage, par l'unité fondamentale qui règne entre toutes quant aux déclinaisons et conjugaisons.

La famille sémitique est beaucoup moins nombreuse, mais non moins bien établie.

Güttler ne nomme pas la famille touranienne, dans laquelle certains philologues rejettent tous les idiomes non compris dans les deux premières, ou au moins ceux de l'ancien monde. Sa réserve paraît prudente, car entre ces langues si disparates une parenté commune à toutes et cependant propre à leur groupe est loin d'être démontrée. Ce qui l'est beaucoup mieux, c'est l'existence parmi ces langues de certaines familles particulières comme la famille tartare (mandschouh, mongol, turc, finnois, hongrois, japonais, dialectes sibériens) et la famille dravidique.

Une autre famille bien compacte est celle des langues malaises ou polynésiennes, que Bopp a cru pouvoir rattacher à la grande famille aryenne.

Dans la mesure où elles sont bien établies, ces affinités mutuelles des langues ne prouvent pas encore leur communauté générale d'origine. Plusieurs raisons font même douter que celle-ci puisse jamais être révélée par la philologie. La plus radicale de ces raisons se rapporte à la confusion de Babel. Si cette confusion fut subite, totale et entièrement miraculeuse, comme le pensent la plupart des anciens interprètes, pourquoi n'aurait-elle pas effacé dans les langues qui en sont issues toute trace de l'unité primitive du langage ? Mais supposons, au contraire, avec S. Grégoire de Nysse (1), et beaucoup d'exégètes modernes, que la

(1) Cité longuement par M. Vigouroux. *Manuel biblique*, t. I, p. 456.

confusion se soit produite suivant les lois naturelles de l'altération des langues ; les langues mères des diverses familles seront alors comparables à des cours d'eau, émissaires d'un même lac, qui iraient divergeant et se ramifiant de plus en plus à mesure qu'ils s'éloignent de cette source commune. Mais, en ce cas, savons-nous si l'on pourra remonter assez haut le cours de ces émissaires pour les voir se rencontrer dans la source? Cela est plus que douteux. Ce qui paraîtrait moins invraisemblable serait qu'on pût recueillir, soit dans la direction générale de chacun, soit dans les éléments communs qu'ils roulent dans leurs eaux, des indices suffisants pour conclure par une induction fondée à l'unité d'origine. Un ou deux faits philologiques vont éclaircir ces considérations générales.

« La langue aryenne primitive, dit Güttler, est éteinte, de l'aveu commun des philologues. On avait d'abord cru la trouver dans le sanscrit; mais cette langue est plutôt l'aînée de ses filles. » Il serait sans doute encore plus exact de dire que le sanscrit est, dans la descendance de cette langue mère, le plus ancien rejeton qui survive encore, du moins dans les monuments. Mais rien ne prouve qu'elle soit fille au premier degré de la langue aryenne primitive. Les philologues admettent en effet généralement que toutes les grandes familles de langues ont dû passer par trois états successifs et comme par trois métamorphoses : le premier état est celui des langues monosyllabiques ; puis vient celui des langues agglutinantes, et enfin celui des langues flexionnelles. Or le sanscrit est éminemment flexionnel ; il est donc éloigné déjà du type primitif de la famille.

Il en faut dire autant et pour les mêmes raisons de l'hébreu dans la famille sémitique.

Il n'y a donc pas d'espoir sérieux de reconstituer jamais la généalogie complète des langues. — Cependant la parenté mutuelle des grandes familles pourrait être démontrée par des moyens moins directs. Quelques philologues éminents, comme Max Müller, croient déjà pouvoir l'établir entre la famille aryenne et la famille sémitique, par la comparaison non plus des mots eux-mêmes, mais de leurs racines primitives.

Notons encore un fait dont les partisans des races humaines autochtones et par conséquent d'origine indépendante, ont voulu se prévaloir et dont Güttler tire un tout autre parti : c'est celui de l'extrême diversité des langues américaines entre lesquelles rien ne semblait d'abord indiquer une communauté d'origine. Ces langues se trouvent cependant aujourd'hui reliées en une famille naturelle par le moyen non du vocabulaire, mais de la grammaire, et surtout par les particularités de conjugaison qui leur sont communes à toutes. Quant à leurs diversités verbales, elles s'expliquent par la mobilité, par l'instabilité aujourd'hui bien

reconnues dans les idiomes sauvages. A dix ans de distance, des missionnaires ont trouvé transformée la langue de certaines tribus. Parmi les Hurons, dit Sagard, il est à peine deux villages qui parlent la même langue ; souvent même deux familles voisines ne suivent pas exactement la même prononciation.

Güttler rattache à ce genre de faits une conjecture relative à la confusion de Babel. Si la cause, dit-il, de cette multiplicité d'idiomes divers parmi les peuples sauvages se trouve dans l'absence d'unité sociale et dans la confusiou de tous les éléments de vie civile et religieuse, pourquoi ne rattacherait-on pas au même principe le fait biblique de la *confusion des langues ?* Elle serait née de la *confusion des idées* qui avait pénétré jusqu'au cœur de la nature humaine par l'obscurcissement de l'idée de Dieu.

Nous ne savons si cette conjecture obtiendra la généralité des suffrages, et nous avouons d'ailleurs sans difficulté que les inductions positives tirées de la linguistique ne fournissent pas jusqu'ici de preuve péremptoire à l'appui de l'unité primitive du genre humain. Du moins est-il certain que cette science n'élève aujourd'hui contre la doctrine révélée aucune objection considérable, et c'est tout ce qui nous importe.

Vogt qui ne perd aucune occasion, pour mauvaise qu'elle soit, de « jeter sa pierre dans le jardin de la foi, » a bien pu formuler cette proposition catégorique : « Il y a autant de langues primitives que de races d'hommes primitives. » Mais de toutes les assertions de ce naturaliste, on en trouverait difficilement une dans laquelle l'absence complète de fondement fût plus évidente. Il est notoire, en effet, par une foule d'exemples, que la distribution de l'humanité entre les familles de langues ne coïncide nullement avec aucune classification de races, non plus qu'avec la filiation généalogique des peuples. Relativement à la classification des races, il est pareillement à remarquer à quels résultats différents conduisent les divers caractères sur lesquels certains savants ont essayé de la fonder ; des peuples, rapprochés par la couleur de la peau, seront, par exemple, séparés par la forme du crâne, par celle de la face, par la nature des cheveux etc. Les groupes qui sembleraient le mieux tranchés à un certain point de vue se fondent ainsi l'un dans l'autre par des transitions multiples, fondées sur les caractères physiques ou sur les caractères philologiques ; il en résulte finalement entre toutes les races un enchevêtrement si complexe qu'il est un indice des plus significatifs de l'unité de l'espèce.

Nous pouvons enfin conclure cet article par le témoignage le plus propre à annuler l'assertion de Vogt. Güttler l'emprunte à l'un des vétérans de la linguistique, le célèbre Pott, professeur à l'université de Halle. Ce savant a malheureusement plus d'attrait pour les opinions de

Vogt et pour ses déductions zoologiques que pour les récits de la Bible ; Pott va même jusqu'à admettre avec les Américains une différence d'espèce entre les diverses races humaines. Mais quand il parle au nom de la science où il fait autorité, voici l'aveu que sa conscience lui arrache : « Je dois déclarer bien qu'à regret, dit-il, que rien dans la philologie ne s'oppose directement à ce que tous les hommes soient issus d'un seul couple primitif ; et la perspective de démontrer un jour une telle origine par des arguments décisifs ne peut être fermée du côté de la linguistique.»

VI. *Histoire primitive du Genre humain.*

A part cette digression momentanée, qui vient de toucher à la confusion des langues et à la dispersion des peuples, aucune des discussions précédentes n'a franchi, du côté de la Bible, les bornes des deux premiers chapitres de la Genèse, c'est-à-dire de la création du monde, couronnée par celle de l'homme. C'est à deux points relatifs à l'histoire primitive de l'humanité que seront consacrés les deux derniers chapitres de Güttler : ils rentrent en effet dans son plan général, en tant qu'ils sont à la fois éclairés par les données de la Bible, et par les recherches de la science — Il s'agit du Déluge, objet du présent chapitre et de la Chronologie primitive, objet du suivant.

Dans l'un et dans l'autre, la division en deux sections, l'une scientifique, l'autre exégétique, reprend tous ses droits.

§ I. *Diluvium géologique.* — L'histoire naturelle n'a point, on va le voir, d'objection sérieuse à élever contre la tradition biblique du déluge. Mais elle ne lui rend point non plus ces témoignages éclatants auxquels on a pu croire il y a soixante ou quatre-vingts ans. Un rare degré de circonspection eût été nécessaire aux apologistes d'alors pour se garder d'un entraînement dont les savants mêmes leur donnaient l'exemple et dont la langue technique de la géologie conserve encore la trace. Le mot de *diluvium*, en effet, n'a pas cessé de désigner une grande variété de dépôts superficiels, amas de limon, de graviers, de cailloux plus ou moins grossiers etc., dans lesquels on avait cru reconnaître autant de vestiges du déluge. Plusieurs de ces dépôts reproduisant sur une vaste échelle l'aspect des alluvions de nos torrents ou de nos cours d'eau à leurs époques de grandes crues, et le déluge biblique étant le seul événement historique auquel on pût attribuer des effets aussi colossaux, il était naturel que le rapprochement des deux idées s'opérât dans les esprits. Le jugement qu'en portèrent des géologues éminents était pourtant précipité, sous

plus d'un rapport ; leur science encore jeune n'avait point acquis ce sens assuré de la *mesure* des phénomènes, qui n'est d'ordinaire mûri que par une longue expérience et des observations multipliées. Bref, les dépôts que l'on continue de nommer *diluviens* ne sont plus regardés par aucun naturaliste comme provenant, *dans leur ensemble*, du déluge mosaïque, et de nombreuses distinctions doivent être établies entre eux au point de vue de leur origine.

MM. de Humboldt et de Buch, entre plusieurs autres, attribuaient encore à de grands courants d'eau le transport de ces *blocs erratiques* dont plusieurs atteignent le volume de 40 000 pieds cubes, et qui ne se rencontrent pas seulement dans les plaines et les vallées, mais sur les flancs des Alpes et du Jura, jusqu'à des hauteurs de 3000 pieds et plus. On est unanime aujourd'hui à rapporter aux agents *glaciaires* le transport de pareils blocs. Malgré toutes les obscurités qui enveloppent encore la question des anciens glaciers, il n'est plus douteux que nous en ayons sous les yeux des traces nombreuses ; ni qu'on ne doive faire rentrer dans leur cortège une bonne partie des soi-disant dépôts diluviens, indépendamment des blocs erratiques.

Les détails donnés par Güttler sur ce point, comme aussi sur le creusement des vallées, sur les dépôts des cavernes et les alluvions métallifères n'ont rien d'assez original pour qu'il soit utile d'y insister. Il suffit d'indiquer la conclusion générale qui ressort de tous ces phénomènes : c'est qu'à une époque géologique relativement récente, des courants d'eau, dont la puissance surpasse tous les exemples que nous avons sous les yeux, ont sillonné les régions les plus diverses de la surface du globe, et notamment les vallées de nos fleuves actuels. Ces phénomènes aqueux, les inondations qu'ils impliquent, ont-ils quelque rapport avec le déluge historique ? Il est permis de le présumer, mais non point d'identifier avec ce fait unique l'ensemble des phénomènes en question ; il est impossible, en effet, de renfermer la durée de ceux-ci dans les limites de quelques mois assignées par la Bible au déluge proprement dit ; c'est plutôt par centaines d'années, pour ne rien exagérer, qu'il faut évaluer la durée de l'époque diluvienne des géologues ; il est même extrêmement probable qu'elle n'a ni commencé ni fini simultanément dans les diverses régions du globe ; il peut se faire, que dans quelques-unes, elle se soit prolongée, avec une partie au moins de ses caractères distinctifs jusqu'à des temps bien postérieurs à ceux de Noé et du déluge.

Mais ce qui doit jeter le plus de jour sur les rapports entre l'ère diluvienne de l'histoire du globe et les origines du l'humanité, c'est la recherche et, s'il y a lieu, l'étude des vestiges humains contenus dans le diluvium géologique. — Or ces vestiges existent, et leur étude, menée

de front avec celle des restes animaux qui les précèdent ou les accompagnent, a révélé des faits importants. Le premier, c'est que le passage des temps tertiaires aux temps postérieurs, — qu'on nomme ceux-ci quaternaires, diluviens, pliocènes ou de quelque autre nom que ce soit, — c'est donc que ce passage n'a pas été marqué, comme le pensait Cuvier, par une révolution si violente, par un cataclysme si universel qu'il ait anéanti toute vie animale à la surface du globe, au point que la faune quaternaire tout entière, créée à nouveau à la suite de ce cataclysme, se soit trouvée composée d'espèces entièrement inédites. On connaît aujourd'hui, parmi les mammifères eux-mêmes, bien des exemples d'espèces que Cuvier regardait comme exclusivement tertiaires et dont l'existence s'est prolongée plus ou moins avant dans l'âge quaternaire ; inversement, les espèces autrefois réputées quaternaires remontent en partie aux temps tertiaires.

L'autre grand fait en question c'est que l'homme a été contemporain, tout spécialement en Europe, de plusieurs espèces animales, mammouths, mastodontes, rhinocéros, hippopotames, rennes, aurochs, lions, hyènes etc., bien d'autres encore, parmi lesquelles plusieurs sont entièrement éteintes aujourd'hui, lors même qu'elles appartiennent à des genres encore survivants, d'autres ont émigré dans des contrées plus ou moins reculées de celles où elles pullulaient autrefois.

Si c'est en ce point que l'on fait consister la fameuse question de l'homme fossile, trop confusément posée dans beaucoup d'esprits, on peut dire que cette question est définitivement résolue.

Devra-t-on en conclure à une très haute antiquité de l'espèce humaine, ou, au contraire, au peu d'antiquité relative des espèces contemporaines de l'homme; c'est une question beaucoup moins éclaircie, et qui d'ailleurs appartient au chapitre suivant plutôt qu'à celui-ci.

La conclusion à laquelle aboutit l'étude de Güttler sur le diluvium géologique est, comme l'état de nos connaissances, très vague encore dans ses contours, mais du moins circonscrite en un champ certain :

« Dans une période de l'histoire de la terre postérieure aux temps tertiaires, alors que l'homme et une partie (pour ne rien dire de plus) des animaux actuels existaient déjà, la surface du globe a subi des modifications dues à l'action de masses d'eau en mouvement. »

Telle quelle, cette conclusion est assurément bien loin de repousser la réalité du déluge biblique, auquel est consacré le paragraphe suivant.

§ 2. *Déluge de Noé.* — Ce qu'on débat encore au sujet du déluge, c'est le genre d'universalité qui doit lui être attribuée. Cette grande

inondation a-t-elle recouvert la surface entière du globe en dépassant de quinze coudées les plus hautes cimes de l'Himalaya ? N'a-t-elle été universelle que par rapport au genre humain dont elle devait punir les crimes, et par rapport aux terres habitées du temps de Noé? Universalité géographique absolue, ou universalité relative : telle est la question discutée au nom de la Bible et de l'histoire naturelle (1).

Les Pères et les théologiens du moyen âge, encore suivis par une grande partie des exégètes actuels, ont interprété le récit biblique du déluge dans le sens de l'universalité absolue (2). Mais leur attention n'a pas été attirée sur des difficultés sérieuses que l'histoire naturelle trouve aujourd'hui à cette interprétation. C'en est une que l'absence de traces géologiques reconnues d'une inondation générale et simultanée de toute la surface du globe. Mais il en est de plus embarrassantes encore. Où chercher l'origine des eaux qui ont englouti la terre entière avec ses plus hautes montagnes? Comment aussi s'expliquer la réunion autour de Noé des représentants de toutes les espèces animales, puis le retour ultérieur de toutes ces espèces dans les parties du monde et dans

(1) C'est seulement dans une note que nous trouvons signalée une autre interprétation, plus restreinte encore, de l'universalité du déluge. Il ne se serait étendu, suivant cette opinion, qu'aux terres sur lesquelles restait concentrée la masse principale du genre humain, épargnant ainsi quelques peuplades déjà dispersées de race éthiopique et mongolique Comme partisans de cette opinion sont cités d'après Reusch (4e édn) Cuvier, Quatrefages, Schœbel et d'Omalius d'Halloy. Le P. Bellynck, sans vouloir y souscrire, l'apprécie avec ménagement. Notre auteur a sans doute raison d'ajouter qu'elle n'en reste pas moins sujette à caution; mais nous croyons qu'il outre la portée des objections, d'ailleurs très graves, qu'il lui oppose. Elles se fondent, d'une part, sur les deux passages des épîtres de saint Pierre où il est dit que huit personnes seulement échappèrent au déluge et, d'autre part, sur les comparaisons consacrées par la tradition chrétienne entre le déluge et le baptême dont les eaux engloutissent l'homme de péché, entre l'arche et l'Église, hors de laquelle il n'est point de salut.

« Pour soutenir l'opinion susdite, il faudrait donc, conclut Güttler, abandonner à la fois l'inspiration verbale des épîtres de saint Pierre et ces types enracinés dans le langage théologique. » C'est dans cette conséquence qu'il nous paraît y avoir exagération.

(2) Quelques exceptions sont indiquées dans le Manuel biblique de M. Vigouroux, p. 423.

Les hébraïsants les plus versés dans la connaissance de l'Écriture sainte déclarent d'ailleurs qu'on s'est réellement mépris sur le sens de l'expression *toute la terre*, lorsqu'on l'a entendue de la surface entière du globe; elle ne désigne communément dans la Bible, que la terre habitée, et très souvent elle est restreinte à la seule terre d'Israël.

les latitudes où nous les savons localisées. Les singes d'Amérique ne vivent que dans les régions tropicales; les ont-ils regagnées par les glaces de Behring? Les Kanguroos australiens ont-ils été transportés à travers les airs? Il serait plus facile de multiplier ces questions bizarres que d'y trouver des réponses vraisemblables. Supposera-t on que l'eau du déluge ait été, en temps et lieu, tirée du néant, pour y rentrer ensuite, ou bien qu'elle soit venue de régions de l'univers extérieures à notre atmosphère et y soit ensuite retournée? Le monde animal, ou du moins les espèces exotiques ont-elles été créées à nouveau après le déluge (1)?

A coup sûr, ces opérations ne surpasseraient pas la toute-puissance de Dieu, mais elles s'accorderaient mal avec la conduite qu'il nous a lui-même habitués à regarder comme celle de sa sagesse; et il y a d'autant moins lieu de recourir à de tels miracles, que la Bible, ainsi que le remarque Güttler, ne nous représente pas le déluge comme amené par des agents surnaturels : ce sont les écluses du ciel qui s'ouvrent pour verser la pluie, ce sont les sources de l'abîme dont les barrières se rompent. Malgré ce qu'il y a d'obscur dans ces expressions, elles ne paraissent pas désigner d'autres eaux que celles de la mer et des nuées.

« L'interprétation absolue de l'universalité du déluge se trouve donc sujette à de telles difficultés, elle entraîne tant de conséquences extraordinaires, énigmatiques, concernant l'origine, le cours et les suites de cet événement, qu'au point de vue de l'histoire naturelle on doit la qualifier de souverainement invraisemblable. »

On peut adhérer sans scrupule à ces appréciations de Güttler. Un nombre croissant d'exégètes d'une orthodoxie non suspecte, à dater de Mabillon, autorisent désormais l'interprétation relative de l'universalité du déluge. En présence des faits révélés par les progrès modernes des sciences d'observation, cette interprétation ne nous paraît guère moins nécessaire que celle des jours de la création dans le sens métaphorique. Elle n'a d'ailleurs rien de plus forcé, et d'excellentes raisons tirées en grande partie de l'Écriture sainte elle-même ont été produites pour la justifier.

Une opinion plus particulière que Güttler attribue à Reusch avait été publiée avant lui, tout au moins par Hugh Miller (2).

(1) C'est aussi se méprendre sur la pensée des Pères que de leur attribuer l'opinion de l'universalité géographique du déluge, dans le sens que ces mots ont pour nous depuis la découverte de l'Amérique et de l'Australie. — Les pays que les Pères avaient en vue lorsqu'ils le disaient universel étaient probablement déjà tous habités du temps de Noé.

(2) C'est, en général, un caractère de l'ouvrage que nous analysons

Elle consiste à regarder le récit du déluge comme provenant des témoins de l'événement, de Noé ou de ses enfants, et transmis par tradition verbale, peut-être même écrite jusqu'au temps de Moïse. Cette hypothèse a l'avantage de motiver très clairement les expressions absolues et universelles appliquées dans le texte à certaines circonstances du déluge, telles que la submersion des montagnes: au point de vue des témoins en effet et dans l'horizon qu'ils embrassaient, les eaux avaient tout enseveli. Nous ne voyons d'ailleurs rien de blâmable à cette opinion, pourvu qu'on ne la gâte point comme le fait Reusch en admettant l'immixtion dans le texte sacré d'éléments fabuleux et légendaires. Est-ce la gracieuse et touchante histoire de la colombe et du rameau d'olivier qu'il traite avec ce mépris?

Güttler conserve bien mieux le sens du vrai en même temps que de la saine orthodoxie. Il nous montre avec Delitzch les *légendes* du déluge dans ces traditions des peuples païens qui suffiraient à démontrer la réalité de l'événement, mais qui en défigurent les détails; il voit au contraire dans le récit biblique, le correctif de ces légendes, comme dans le récit de la création le correctif des cosmogonies mythologiques.

VII. *Chronologie.*

§ 1. *L'âge du genre humain.* — La question de l'antiquité de l'homme, en tant qu'elle relève des arguments scientifiques, se trouve déjà bien déblayée par les études précédentes. Il n'y a plus lieu de revenir ici ni sur le darwinisme et la théorie simienne, ni sur la coexistence de l'homme avec les espèces animales aujourd'hui éteintes ; tout ce que Güttler se propose en cet article est d'examiner la valeur des indications fournies par les soi-disant *chronomètres géologiques.* A dire vrai, il s'attache uniquement à montrer combien on doit faire peu de fond sur les évaluations de temps tirées des deltas, des dunes, des soulèvements et affaissements locaux du sol, de la croissance des tourbières et autres phénomènes plus ou moins analogues. Il n'accorde pas de mention spéciale au petit nombre de faits devant lesquels la critique de M. de Quatrefages ou celle de M. Arcelin a cru devoir s'incliner jugeant qu'ils échappaient dans une certaine mesure à l'incertitude générale des prétendus chronomètres.

Güttler n'est pas moins sévère pour la théorie des âges de la pierre,

d'accorder aux travaux allemands une attention et une importance prépondérantes. Nous en faisons la remarque sans y attacher le sens d'un reproche qui pourrait retomber avec usure sur beaucoup d'ouvrages français.

du bronze et du fer, entendus dans le sens de périodes successives de civilisation par lesquelles aurait passé tout le genre humain. Ne voulût-on étendre qu'à l'Europe ou même seulement à l'empire germanique cette classification fondée sur les antiquités scandinaves, il protesterait encore avec plusieurs savants de ses compatriotes contre cette étrange manière de « danifier l'Allemagne entière. »

De toutes les considérations plus ou moins courantes par lesquelles il fait ressortir les vices d'un pareil système, nous détacherons seulement deux ou trois témoignages curieux que nous n'avions pas rencontrés ailleurs. Ils tendraient à renverser par la base même le trop fameux édifice des trois âges.

Voici d'abord une remarque de John Percy, l'un des premiers métallurgistes de notre temps : « La méthode primitive d'extraire directement du minerai un bon fer malléable est encore usitée aujourd'hui aux Indes et en Afrique, et elle exige bien moins d'habileté que la fabrication du bronze. La préparation de cet alliage présuppose la connaissance de l'extraction du cuivre (1), de la fusion de l'étain et de l'art du moulage et du coulage. Au point de vue métallurgique, on doit raisonnablement admettre que ce qu'on appelle l'âge du fer a précédé celui du bronze. Quand les archéologues soutiennent le contraire, ils devraient considérer que le fer, par sa nature même, ne peut se conserver dans la terre aussi longtemps que le cuivre. »

Le colonel danois Tscherning est d'accord avec Percy. S'appuyant sur une longue expérience des usines de l'artillerie, il a déclaré, bref et net, au congrès archéologique de Copenhague, que la connaissance du fer devait être beaucoup plus ancienne que celle des bronzes d'étain ; car ceux-ci ne sont pas seulement, en eux-mêmes, beaucoup plus difficiles à préparer ; mais leur travail, qu'il s'agisse de les limer, tordre, forer ou ciseler, exige l'emploi du fer et de l'acier. « Cela est si peu douteux, » ajoute Hostmann dans sa critique du système des trois périodes, « et il faudrait se mettre en si violente contradiction avec toutes nos connaissances techniques pour admettre que des objets de bronze, même fort achevés, ont été fabriqués avec des outils de bronze, qu'on est pleinement en droit d'appeler une telle doctrine la honte de l'archéologie contemporaine. »

Nous avouons ignorer si quelque réponse satisfaisante est venue écarter ces fins de non-recevoir.

Quant aux périodes paléontologiques du mammouth, de l'ours des

(1) A moins que l'on ne puisse admettre, dans le cas particulier, la rencontre du cuivre à l'état natif. Les gîtes de l'Amérique du Nord, par exemple, fournissent un métal si pur, qu'on a pu quelquefois le marteler à froid, sans aucun travail préalable.

cavernes et du renne, Güttler a évidemment raison de ne leur reconnaître qu'une valeur toute relative et locale.

La question des habitations lacustres sur laquelle il s'étend un peu, lui est surtout une occasion de montrer, par des témoignages compétents, combien il faut rabattre de la prodigieuse antiquité que, dans les premières années de leur découverte, certains savants enthousiastes prétendaient leur reconnaître. Il aboutit enfin à ces conclusions peu éclatantes :

1. Aucune des tentatives faites pour calculer en chiffres l'âge de l'homme n'a fourni de résultat certain.

2. Les évaluations qui méritent une certaine confiance ne vont pas à plus de 5 à 7000 ans (1).

§ 2. *Chronologie de l'Ancien Testament.* — Il ne reste plus qu'à comparer avec ces conclusions les données chronologiques de la Bible. Güttler développe peu la discussion de ce dernier point, en sorte que notre analyse sera très brève.

L'Ancien Testament ne connaît point d'ère, à l'exception de celle des Séleucides suivie par les livres des Macchabées. Ce n'est qu'en combinant des indications plus ou moins accidentelles d'âges et de dates qu'on peut arriver à construire une chronologie biblique ; en cette matière, les tables généalogiques des ve et xie chapitres de la Genèse sont les documents principaux. Qu'il ne puisse d'ailleurs être question de la chronologie qu'à partir de la création d'Adam, c'est ce qui va sans dire, du moment où l'on admet que la durée des jours de la création nous reste entièrement inconnue.

Il faut tenir pour certain que les indications chronologiques, *telles que les ont données et entendues les écrivains sacrés* étaient exactes. Le mettre en doute, sous prétexte que ces détails ne sont point question de foi ni de mœurs, serait trop peu conforme à la notion catholique et vraie de l'inspiration telle que l'ont entendue les plus grands théologiens de tous les temps. Mais il ne s'ensuit pas que les calculs chronologiques fondés sur la Vulgate, les Septante, ou le texte hébreu dans sa forme actuelle, puissent être garantis exacts. Rien ne nous assure, en effet, ni que les chiffres primitifs nous aient été transmis sans altération, ni que toutes les indications chronologiques supposées exactes aient été entendues par les exégètes dans le vrai sens des auteurs.

(1) Tous les savants, même catholiques, ne souscriraient pas à des chiffres si modestes. Mais les raisons les plus sérieuses, sans être encore péremptoires, d'en admettre de plus forts paraissent plutôt tirées de l'archéologie égyptienne que de la géologie. Sur ce dernier terrain, les *préhistoriens* à outrance ont commencé à opérer un mouvement de retraite bien marqué.

Relativement à l'altération des chiffres et d'autres détails du même genre, on n'a jamais enseigné dans l'Église que la sainte Écriture eût été soustraite aux accidents naturels attachés à la transcription et à la transmission des textes.

Une providence spéciale a seulement veillé sur l'intégrité de la substance doctrinale.

Pour ce qui est des nombres en particulier, on sait combien l'ancien système d'écriture les rendait plus sujets que toute autre partie du texte aux erreurs de lecture et de copie.

Le fait est qu'ils présentent des différences nombreuses et parfois considérables entre la Bible des massorètes, celle des septante, la Vulgate latine et le Pentateuque samaritain ; l'Église en reconnaissant la Vulgate pour version authentique, est loin d'en garantir les indications numériques; on n'en peut citer de meilleure preuve que l'adoption dans le martyrologe romain d'une chronologie tirée des septante, laquelle diffère d'environ 1000 ans de celle de la Vulgate pour l'intervalle de la création d'Adam à la naissance de Jésus-Christ. La liberté d'option laissée à la critique est donc ici consacrée par la conduite même de l'Église.

Mais il y a plus, et quand il serait possible de rétablir toutes les dates et tous les chiffres de la Bible dans leur pureté et leur vérité primitives, il ne s'ensuivrait pas encore qu'on pût tirer de ces données une chronologie proprement dite. Des doutes sérieux ont en effet été soulevés sur le vrai caractère des généalogies de la Genèse. Plusieurs exégètes catholiques croient trouver dans la Bible même et dans les usages sémitiques de fortes raisons de penser que ces généalogies ne sont point continues, comme l'ont toujours supposé les chronologistes; elles n'auraient enregistré que les personnages les plus marquants des lignes qu'elles représentent; et rien ne nous indiquant le nombre ni l'étendue des lacunes, il serait impossible d'en déduire aucune chronologie tant soit peu certaine. Nous avouons, pour notre humble part, que cette discontinuité supposée des généalogies patriarcales nous paraît assez difficile à concilier avec leur forme particulière. Rien ne nous prouve donc encore que cette théorie soit de celles qui sont assurées de survivre à une vogue passagère ; mais du moins faut-il reconnaître que la foi laisse aux savants sur la question chronologique une grande liberté d'opinions et de recherches. Güttler s'en réfère souvent dans ce paragraphe à un article du P. Knabenbauer de la Compagnie de Jésus, publié en 1874 par les *Voix de Maria-Laach*, revue qu'on n'a jamais accusée d'innovations téméraires en théologie. Or, l'auteur de cet article aboutit sans hésiter, comme au parti le plus juste et le plus sage, à déclarer simplement que, du côté de l'Écriture sainte, aucune entrave n'est mise à la liberté des recherches

chronologiques, aucune limite précise de temps ne leur est imposée.

Dans cet état de cause, Güttler peut à son tour sans difficulté conclure ce chapitre comme il a fait les précédents, et constater que sur le terrain chronologique il n'est point, plus que sur les autres, de lutte irréconciliable entre les sciences et la Bible.

Cette conclusion négative suffit au point de vue strictement apologétique. Elle met à couvert le domaine de la foi et, dans sa réserve un peu froide, elle est sans doute plus sage et plus sûre que ne furent en d'autres temps certains dithyrambes triomphants. Cependant cette conclusion n'est pas la seule qui ressorte d'une considération sérieuse et réfléchie des questions étudiées par le Dr Güttler. Bien loin d'être des adversaires irréconciliables, les sciences de la nature et les sciences bibliques sont évidemment appelées à se rendre mutuellement d'importants services. La vérité révélée d'une part doit servir de garde-fou aux pionniers de la science ; elle avertit le savant chrétien qu'il n'y a rien à attendre de théories telles que celles de l'origine bestiale de l'homme ou de la diversité spécifique des races humaines. Elle n'en laisse pas moins à la science sérieuse une très grande liberté d'allures. De son côté, l'interprétation de la Bible trouve, dans les découvertes de la science, la source d'un réel profit. Non seulement certains passages particuliers, comme le tableau de la création et le récit du déluge, sont plus exactement expliqués qu'ils ne pouvaient l'être autrefois, mais l'esprit général du langage et de la révélation bibliques en reçoivent de nouvelles lumières. On est moins tenté désormais qu'on n'a pu l'être, à certaines époques, d'attribuer à la parole inspirée la rigueur étroite d'une formule algébrique. On comprend mieux à quel point elle est une parole à la fois divine et humaine, celle même de cette Sagesse éternelle qui s'est plu, selon sa propre expression, à descendre parmi les hommes et à se mêler à leur vie.

P. de Foville
prêtre de Saint-Sulpice.

IV

Études critiques d'Archéologie préhistorique *à propos du gisement du Mont-Dol* (Ille-et-Vilaine), par l'abbé Hamard, prêtre de l'Oratoire de Rennes, membre de plusieurs sociétés savantes. Un vol. in-8° de xii-271 p. — 1880. — Paris, René Haton.

Le premier volume de la *Revue des questions scientifiques* contient, à sa 2e livraison (avril 1877, p. 658 et suiv.), un compte rendu signé du

nom sympathique et autorisé de M. de la Vallée Poussin et relatif à une brochure que venait de publier alors M. l'abbé Hamard, sous ce titre : *Le Gisement préhistorique du Mont-Dol.*

Il s'agissait d'un gisement fossilifère, situé au pied d'un monticule granitique dominant la plaine alluviale de Dol, à quelques kilomètres au nord-ouest de la petite ville de ce nom. Ce gisement consiste principalement en une assise argileuse mélangée de graviers et de blocs granitiques d'éboulement, avec des ossements de grands mammifères associés à des silex taillés, considérés comme des débris certains de l'industrie humaine. Un dépôt marin règne au-dessus de cette assise, qui repose elle-même sur un gravier d'eau douce.

Nous ne rappellerons pas les conséquences fort judicieuses que tire de là M. l'abbé Hamard, sur la continuité et la fréquente contemporanéité des divers âges de la pierre, sur la valeur toute relative de la classification basée sur ces prétendus âges, sur le peu d'antiquité de ceux-ci comparativement aux milliers de siècles que leur attribuent les pères et les disciples de la « *bonne* école. » Nous préférons renvoyer le lecteur au brillant compte rendu de M. de la Vallée-Poussin, ou mieux encore au travail de M. l'abbé Hamard lui-même.

Mais il est un point où cet auteur prêtait le flanc à quelque critique. Il admettait, ou du moins paraissait admettre (voir notamment la p. 87 du mémoire cité) que l'homme avait été contemporain des grands mammifères quaternaires (ours et lion des cavernes, éléphant, rhinocéros, cerf mégacéros, etc.) dont les ossements ont été retrouvés au Mont-Dol. Et comme il cherche à démontrer, aidé de faits historiques, que l'homme dont l'industrie a laissé des traces dans le gisement, n'est guère antérieur aux premiers siècles de l'ère chrétienne, la conclusion qui semblait en découler serait que ces grands mammifères quaternaires auraient vécu eux-mêmes à cette époque rapprochée de nous.

Ces conséquences n'ont pas été admises : les critiques consciencieux et impartiaux ont fait remarquer que l'homme du Mont-Dol a très bien pu y abandonner les débris de son industrie plusieurs milliers d'années avant l'éboulement qui a mélangé ces débris avec les ossements d'animaux. On pourrait dire également que si l'homme a été, au Mont-Dol, contemporain de l'éboulement, rien n'empêche d'admettre qu'il ait laissé ses outils, armes et instruments de silex sur un sol recouvrant des ossements fossiles, lesquels, par le fait de l'éboulement, se sont trouvés ensuite mélangés, au bas du tertre, avec les pierres ouvrées.

A côté de ces objections sérieuses, fondées, graves, sans malveillance, il s'en est produit d'autres, mêlées d'injures et assaisonnées de colère. Elles provenaient des sectateurs de la *bonne école*, des savants se disant libres penseurs et qui ne comprennent la pensée libre qu'en tant qu'elle

soit une adhésion aveugle et servile à leurs propres opinions : ils ne pardonnent pas à l'abbé Hamard d'avoir renversé ou contribué à renverser l'échafaudage d'antiquité exagérée, attribuée par eux, assez arbitrairement, à l'existence de l'homme.

Ainsi pris à partie, l'auteur du *Gisement du Mont-Dol* et de la traduction des *Monuments mégalithiques* de Fergusson a cru devoir répondre. Dédaigneux d'injures et d'invectives qui ne sauraient, d'ailleurs, l'atteindre, il a voulu se justifier de ce qu'il pouvait y avoir de sérieux ou de grave dans les critiques dont il a été l'objet. De là sont nées les *Études critiques d'Archéologie préhistorique*, complément et suite obligée du *Gisement du Mont-Dol* (1).

L'auteur les divise en deux parties.

L'une est intitulée : « Réponse aux objections *relatives au Mont-Dol.* » Elle ne comprend qu'une trentaine de pages. L'autre, beaucoup plus développée et d'une portée plus générale, répond aux *objections relatives aux systèmes préhistoriques.*

Nous suivrons rapidement l'auteur dans ses diverses réponses, nous bornant à les exposer le plus fidèlement possible, mais en laissant au lecteur le soin de les apprécier lui-même.

I. Dans la première partie, qui ne comprend qu'un seul chapitre, l'auteur se défend d'avoir voulu dire que les principaux animaux dont les restes ont été retrouvés au Mont-Dol eussent vécu dans notre ère. Sa pensée a été mal comprise : il n'avait entendu appliquer cette sorte de contemporanéité qu'au *Cervus tarandus* ou renne, qui existe toujours, mais réfugié dans les régions boréales, et au *Bos primigenius* ou bœuf primitif qui n'est autre que « cet *Urus* ou bœuf sauvage, dont l'existence dans l'Europe tempérée, à une époque assez voisine de la nôtre, est historiquement constatée. »

Pour lui, ces deux animaux auraient fait partie de la faune quaternaire avec d'autres espèces éteintes longtemps auparavant, mais dont les ossements s'étaient conservés au même lieu. L'homme du Mont-Dol aurait été contemporain seulement des deux espèces survivantes. Il suivrait de là que la faune quaternaire, bien que sa pleine floraison remonte à une époque fort antérieure à notre ère, serait cependant loin de cette fa-

(1) Ce nouveau travail s'offre au public en deux tirages différents : l'un, qui ne contient que la défense et les réponses du savant abbé, s'adresse aux personnes qui, possédant déjà le *Gisement préhistorique du Mont-Dol*, n'ont qu'à le compléter. L'autre, que nous avons entre les mains, reproduit intégralement ce premier travail avec ses trois planches ou cartes, et le fait suivre des *Études critiques* qui le complètent, formant ainsi une forte brochure de 280 pages. (Prix de l'ouvrage complet : 3 fr. 50; du *Supplément* seul, 2 fr. 25).

buleuse longévité que lui prêtent les fanatiques de la *préhistoire*. D'ailleurs, à part l'éléphant, le rhinocéros et le cerf à grands bois, dont l'espèce est loin d'être démontrée, tous ces animaux sont représentés encore de nos jours par eux-mêmes ou par des races tout à fait voisines. On a aussi contesté la théorie des affaissements et soulèvements successifs par laquelle l'auteur explique la diminution du littoral breton, l'enfouissement de la forêt de Scissy et les autres phénomènes de même ordre constatés dans la région. Il relève ces attaques en s'efforçant de démontrer que la théorie qu'on lui reproche est la seule qui donne une explication plausible de tous les faits, tandis que celles qu'on essaye de lui opposer se heurtent sans cesse à des impossibilités et à des invraisemblances. De là résulte une discussion fort savante et pleine d'intérêt, que l'auteur termine en formulant le vœu que le gisement du Mont-Dol soit l'objet de nouvelles recherches; tant il a confiance dans la vérité de sa théorie explicative, et tant il est convaincu qu'une étude plus approfondie ne fera que l'attester et la confirmer.

II. La seconde partie des *Etudes critiques* comprend six chapitres, ou, pour nous servir des mêmes rubriques que l'auteur, son second chapitre comprend six subdivisions.

Il s'y propose de fournir la preuve de toutes les données d'ordre général exposées par lui, soit dans le *Gisement du Mont-Dol*, soit dans d'autres écrits, et qui ont été contestées ; afin, dit-il, de ne pas user du procédé fort commode de ses adversaires, « qui affirment sans rien prouver. »

Il s'attaque d'abord aux subdivisions introduites, par M. de Mortillet et par la nouvelle école archéologique, dans les âges préhistoriques. Outre les âges de la pierre, du bronze et du fer ; outre la subdivision du premier en pierre taillée et pierre polie, on a voulu subdiviser encore la pierre taillée ou *âge paléolithique* en types empruntés aux localités où ils ont été observés, et devenus les types *thenaysien* (Thenay, en Loir-et-Cher), *acheuléen* (Saint-Acheul, dans la Somme), *moustiérien* (Le Moustier, en Dordogne), *solutréen* (Solutré, en Saône-et-Loire), *magdalénien* (La Madeleine, en Dordogne). Avec quelque goût pour la symétrie, un peu d'idée préconçue, un esprit inventif, quel magnifique parti ne peut-on pas tirer d'une telle classification ! En considérant toutes ces divisions comme successives, nettement distinctes et séparées les unes des autres, et attribuant à chacune d'elles quelques centaines ou quelques milliers de siècles, — les siècles ne coûtent rien aux imaginations riches, — on comprend que l'on arrive aisément à fabriquer à l'homme une généalogie prodigieusement ancienne. M. Hamard combat ces théories arbitraires, ou *fantaisistes*, pour employer un néologisme assez barbare mais fort à la mode. Il fait voir, par exemple, que les types de Saint-Acheul, du

Moustier et de La Madeleine se rencontrent mélangés dans plusieurs gisements différents ; ceux de Solutré et de Thenay se trouvent, ailleurs, également mêlés aux précédents. La prétendue succession de ces types n'est donc pas constante. Parfois, il est vrai, elle paraît pouvoir s'établir, mais souvent dans le sens inverse de celui qu'exigerait la théorie.

L'auteur ne conteste pas la succession de la pierre polie précédée par la pierre taillée, et il accorde que le polissage constitue un progrès sur la taille pure et simple. Mais il conteste que l'industrie de la pierre polie ait mis fin à l'emploi de la pierre taillée, les instruments en pierre polie constituant des objets de luxe sans grande application pratique, et hors d'état de rendre les services que rendaient leurs similaires en pierre taillée. Il conteste surtout l'existence d'un intervalle, d'un *hiatus* prolongé, qui aurait séparé les deux âges, et il cite, en renvoyant aux documents authentiques, un très grand nombre de gisements ou stations, où les objets de pierre polie et de pierre taillée ont été trouvés mêlés entre eux, ou à des fragments de poterie grossière, ou à des ossements de mammifères de diverses époques, le tout en des conditions qui ne justifient guère la symétrie et l'ordre invariable de succession si chers aux enthousiastes de la préhistoire.

L'emploi de la pierre pour les besoins de la vie ou comme arme, n'est pas, d'ailleurs, ainsi qu'ils voudraient le faire croire, exclusivement de leur domaine. L'histoire le revendique aussi ; non pas l'histoire conjecturale, mais bien l'histoire authentique et traditionnelle. Les Arabes, les Égyptiens, les Éthiopiens, les Hébreux, les Sarmates, dans l'antiquité, employaient des instruments tranchants ou des pointes de flèches en silex et en os. Hérodote, Diodore, Pline, Pausanias, la Bible, Josèphe en font foi. Les Huns dans les premiers siècles de notre ère, au dire d'Ammien-Marcellin, les Japonais jusqu'aux VIIe et VIIIe siècles (1), les Chinois jusqu'aux temps de notre moyen âge (2), les Éthiopiens jusqu'en plein XVIIe siècle (3) ont fait usage d'armes et d'instruments divers en pierre. D'autre part les fouilles qui ont eu lieu dans une multitude de sépultures et campements romains, gallo-romains et gaulois ont révélé la présence simultanée, en chacun de ces lieux, d'instruments en pierre et silex taillés, parfois en os, associés à des objets d'or, de bronze, de fer, à des pièces de monnaie, à des médailles, à des poteries. Notre auteur en donne des listes interminables qu'il serait aisé, dit-il, de prolonger en quelque sorte indéfiniment. Il en conclut que l'emploi de la pierre pour des usages où, par les civilisations avancées, le fer et l'acier sont seuls

(1) Southall, *The recent origin of man* — *Matériaux*, t. VI.
(2) Ibid. — *Stanislas Julien*, *Comptes rendus*, *Science pittoresq.*
(3) Ludolf, *Historia Æthiopica.*

employés, est de tous les temps et de tous les pays : par conséquent, la classification basée sur les âges de la pierre taillée ou polie, du bronze, du fer, ne peut avoir aucune valeur générale et absolue, mais seulement une valeur relative, en regard de chaque civilisation particulière à laquelle on la rapporte.

Trois chapitres ou paragraphes sont affectés à cette instructive dissertation, dont nous avons essayé d'indiquer les traits principaux.

III. Si l'emploi de la pierre taillée n'est pas, aux yeux de la science sans parti préconçu, l'indice nécessaire d'une grande antiquité chez les sociétés humaines qui ont eu recours à cet usage, la faune quaternaire n'est-elle pas une preuve plus solide ? Il ne saurait plus guère être contesté aujourd'hui que l'homme a été contemporain de cette faune. La haute antiquité de celle-ci impliquerait donc la grande antiquité de celui-là. Mais notre écrivain combat précisément la mineure de ce syllogisme : il prétend du moins que bien des espèces réputées quaternaires se sont prolongées fort avant dans l'époque historique, leur extinction ou disparition étant toute récente, plusieurs existant même encore en des aires d'habitat qui, du reste, vont se rétrécissant constamment. La faune quaternaire devrait ainsi se voir considérablement réduite, si l'on ne veut appliquer cette qualification qu'aux espèces qui n'auraient pas survécu à l'époque géologique du même nom.

Pour administrer ses preuves, M. l'abbé Hamard considère les animaux dont les ossements ont été retrouvés au Mont-Dol; ce sont les suivants :

L'éléphant *supposé* primitif (*Elephas primigenius*) ;
Le cheval (*Equus caballus*, var. *fossilis*) ;
Le rhinocéros, *supposé* à narines cloisonnées (*Rh. tichorinus*) ;
Le bœuf primitif (*Bos primigenius*) ;
Le cerf à grands bois (*Cervus megaceros*) ;
Le renne (*Cervus tarandus*) ;
La marmotte (*Arctomys...*) ;
L'ours des cavernes (*Ursus sp. lœus*) ;
Le loup (*Canis lupus*) ;
Le grand lion (*Felis leo*, var. *spelæa*) ;
Le blaireau (*Meles taxus*).

Pour l'éléphant et le rhinocéros, les preuves contraires à l'opinion qui veut y voir les espèces *primitive* et *à narines cloisonnées* ayant été fournies précédemment, l'auteur n'y revient pas. Mais il insiste sur la probabilité de l'existence de l'éléphant actuel et du rhinocéros moderne, son compagnon ordinaire dans les régions reculées de l'Europe jusqu'aux approches de l'ère chrétienne. Quant au cheval, il existait encore à l'état sauvage dans les montagnes des Vosges et de l'Alsace il y a moins de

trois siècles. Suit une discussion savante où, contrairement à l'opinion de M. Paul Gervais, qui voit dans le *Bos primigenius* l'aurochs ou bison des anciens, l'abbé Hamard, s'appuyant sur l'autorité de Cuvier, sur les Commentaires de César et d'autres auteurs anciens, soutient que le *bœuf primitif* du Mont-Dol n'est autre que l'*urus*, improprement appelé *Butalus* ou bufle, et dont notre bœuf domestique ne serait que le descendant domestiqué.

Trois espèces de cerfs au moins, dit l'écrivain, sont représentées au Mont-Dol : le grand cerf (*C. megaceros*), le renne (*C. tarandus*) et le cerf commun (*C. elaphus*). Les deux derniers existent encore, l'un dans les régions arctiques, où les services qu'il rend à l'homme concourent à sa conservation, l'autre au sein de nos forêts, où il diminue de plus en plus. Le premier est éteint, mais paraît avoir existé dans les temps historiques : il figurait sur des monuments romains, et l'on a retrouvé de ses débris dans des tourbières de formation toute récente. Le renne a disparu peu à peu dans les contrées où son existence n'était plus nécessaire à l'homme ; mais il existait dans la forêt Hercynienne au temps de Jules César, et paraît s'être rencontré en Bretagne jusqu'au vi^e siècle.

La marmotte, animal craintif et qui recherche avant tout la solitude, l'ours, hôte des hauts versants et des anfractuosités neigeuses des Pyrénées et des Alpes, sont encore nos contemporains et, sauf la différence de taille, aucun caractère vraiment spécifique ne différencie l'*Ursus spelæus* des temps quaternaires de notre ours commun contemporain.

Le loup, s'il a pu disparaître du Royaume-Uni, qui est un royaume insulaire, n'est que trop abondant encore sur le continent, et par les hivers rigoureux il nous côtoie sans cesse. Le lion, réduit aujourd'hui aux contrées chaudes de l'Asie et de l'Afrique, où l'homme le pourchasse et où il commence à se faire relativement rare, le lion était abondant, dans l'antiquité, en une foule de pays d'où il a, depuis, entièrement disparu : rien d'étonnant à ce qu'il ait pu se rencontrer dans les Gaules à une époque relativement récente.

Chacun connaît le blaireau, qui hante encore les parties retirées et les lisières de nos bois et de nos forêts.

De cet ensemble de faits et des considérations généralement probantes dont il les appuie, M. Hamard conclut que quinze à vingt siècles suffisent pour rendre compte de la disparition des espèces signalées au gisement du Mont-Dol, et il étaie cette conclusion sur de nouvelles considérations qui ne sont assurément pas sans valeur.

Mais s'il en est ainsi, ces espèces ont donc été contemporaines de l'homme du Mont-Dol ? et l'auteur, au début de son *Supplément*, se défendait d'avoir voulu exprimer cette opinion dans son premier mémoire. Il serait donc ramené ainsi, malgré lui et par une contradic-

tion qui lui aurait échappé, à la conséquence qu'on lui avait une première fois reprochée? Telle est du moins l'impression qui, sauf erreur ou malentendu de notre part, nous aurait paru résulter de la lecture de cette curieuse et très savante dissertation.

IV. Nous n'insisterons pas sur le paragraphe qui porte pour titre : *L'âge des monuments mégalithiques*. Nous avons eu occasion, ici-même, de présenter, d'après la traduction, due au même auteur, de l'ouvrage de Fergusson (1), les considérations qu'il résume à grands traits dans ce chapitre. Elles tendent à démontrer que les monuments de pierre brute sont dues à diverses races et à diverses époques, que leur antiquité est toute relative et ne remonte pas, en tout cas, au delà des âges dont s'occupe l'histoire.

V. Mais nous nous arrêterons quelque peu, avant de clore cette analyse, sur le dernier chapitre qui tend à établir la *date de l'époque glaciaire*. C'est une étude assez originale dont l'idée mère avait été déjà exprimée par l'auteur dans les Notes personnelles dont il a enrichi la seconde édition de sa traduction de *Géologie et Révélation* du docteur Molloy, ouvrage dont nous avons rendu compte en son temps (2), dans cette Revue. Nous avions même cru pouvoir lui opposer une objection qui nous semble disparaître devant les développements qu'il apporte à sa pensée dans son nouveau travail.

La théorie que l'abbé Hamard expose et défend dans ce chapitre, il n'a garde de la donner comme une certitude acquise : il soutient seulement qu'elle est la plus simple, qu'elle s'accorde très naturellement avec les faits observés et qu'elle évite de mettre en jeu, comme d'autres, des hypothèses plus ou moins gratuites. Le principe en est emprunté aux *Révolutions de la mer* d'Adhémar, ouvrage remarquable à certains égards et qui a eu son heure de notoriété, mais que déparaient des conséquences systématiques et outrées jusqu'au voisinage de l'absurde (3). Le principe toutefois n'a rien que de rationnel et de plausible. Résumons-le en quelques lignes :

(1) Voir notre article intitulé: *Dolmens, menhirs et tumulus*, dans la *Revue*, livraison de juillet 1878, p. 57.

(2) Livraison d'octobre 1877, p. 667.

(3) Un vol. in-8° de 360 p. avec atlas de 13 planches, 2e édition 1860, Paris, Lacroix-Comon. Les conséquences extrêmes qu'Adhémar tirait de sa théorie consistaient dans la supposition d'un déplacement périodique de l'axe terrestre par suite du poids des calottes de glace alternativement amoncelées au sommet des deux pôles, et dans la brusque fonte et débâcle de ces glaces polaires à la suite de chaque mouvement de l'axe de la terre, d'où serait résultée la périodicité des déluges.

On sait que, par suite du double phénomène de la précession des équinoxes et du déplacement lent de la ligne des apsides, la durée de nos saisons se modifie peu à peu. En l'an 1248 l'aphélie coïncidait exactement avec notre solstice d'hiver ; or, la révolution entière du grand axe de l'orbite terrestre se faisant, en nombre rond, en 21 000 ans, c'est au bout de la moitié de ce temps à partir de 1248, soit vers l'an 11748, que notre aphélie coïncidera avec le solstice d'été, le périhélie venant prendre alors la place qu'occupait l'aphélie en 1248. En vertu de la deuxième loi de Képler ou du *principe des aires*, le mouvement de la terre est plus lent à l'aphélie qu'au périhélie: lors donc que le globe terrestre parcourt la moitié de son orbite qui correspond à l'aphélie, il emploie un peu plus de temps que pour parcourir l'autre moitié, et celui des deux hémisphères qui regarde le soleil a, par suite, un été plus long. Tel est le cas pour notre hémisphère, qui a passé, en 1248, au solstice d'été de cette sorte d'année apsidiale de 20900 ans. Le mois d'une telle année serait de 1750 années communes ; depuis 1248 il ne s'est guère écoulé que le tiers de ce laps de temps. Nous sommes donc au commencement de l'été de cette année apsidiale, et notre été de l'année commune est de 7 jours et 1/3 plus long que l'hiver. Mais, il y six mois de l'année apsidiale, autrement dit, *il y a* 10500 *ans*, notre hémisphère sortait du solstice d'hiver, il était en plein dans la période hibernale de cette année vigésimillénaire. En ces conditions, quatre causes contribuaient à modifier la température moyenne de cet hémisphère : 1° la durée plus longue des hivers annuels ; 2° le plus grand éloignement du soleil pendant cette saison ; 3° la durée plus courte des étés ; 4° la plus grande proximité du soleil pendant ces étés. Cette dernière cause tendait à accroître la température, mais les trois autres concouraient à l'affaiblir. Tout au plus la quatrième neutralisait-elle la seconde, et il restait deux causes de refroidissement, hivers plus longs, étés plus courts, que rien ne contrebalançait. Ces causes agissant d'une manière continue pendant des milliers d'années leurs effets s'accumulaient ; vint un moment où ils furent assez puissants pour abaisser la température moyenne du petit nombre de degrés (4° centigrades environ) suffisant à expliquer la formation des vastes glaciers qui ont imprimé un cachet si remarquable à l'époque quaternaire. L'accroissement de chaleur résultant du plus grand rapprochement du soleil pendant les étés, concourait à sa manière à ce résultat : ces étés plus chauds mais plus courts ne modifiaient pas, il est vrai, la température moyenne ; mais, donnant plus de chaleur à la fois, ils produisaient une évaporation plus grande, et la vapeur d'eau est un des facteurs indispensables de la formation des glaciers.

On a fait diverses objections à cette théorie. La plus sérieuse, si elle pouvait être bien établie, serait l'extension de la période glaciaire à

l'hémisphère austral : mais un tel fait n'est rien moins que démontré. L'illustre Agassiz avait bien cru reconnaître des traces d'anciens glaciers dans l'Amérique méridionale ; mais ses vues à cet égard, probablement influencées à son insu par l'esprit de système, n'ont pas été corroborées par des faits probants.

On a dit aussi que si cette théorie était vraie, l'état de grande extension des glaciers serait un phénomène périodique et qu'en conséquence il y aurait eu, aux temps géologiques, plusieurs époques glaciaires. Mais beaucoup de géologues croient avoir reconnu les traces de *deux* époques glaciaires successives sur notre hémisphère : or la plus ancienne des deux, d'après la théorie qui nous occupe, remonterait à une trentaine de milliers d'années, et il est admissible que, dix ou douze mille ans auparavant, notre globe était encore dans l'une de ces phases géogéniques où l'influence de la chaleur s'exerçait sur lui d'une tout autre manière qu'elle l'a fait depuis.

Nous-même nous avions élevé une autre objection : « L'on se demande, disions-nous, dans la présente Revue (tome II, p. 469 *ad not.*), pourquoi l'hémisphère austral n'a pas actuellement sa période glaciaire puisqu'il se trouve dans les conditions où se trouvait l'hémisphère boréal lorsqu'il aurait eu la sienne. »

En étudiant d'une manière plus approfondie la théorie développée par M. l'abbé Hamard dans son récent ouvrage, cette objection perd beaucoup de son importance. Nul ne considère plus aujourd'hui la période glaciaire des âges quaternaires comme un état de choses où une épaisse couche de glace aurait partout enfermé le sol sous un manteau ininterrompu. C'était une époque de très grande humidité atmosphérique où un léger abaissement de la température moyenne suffisait, en congelant la vapeur sur les sommets, pour couvrir de glaciers les massifs montagneux et les vallées circonvoisines. La présence des montagnes est, de même que la vapeur d'eau, l'un des facteurs nécessaires de la formation des glaciers. Dans l'hémisphère austral de notre globe il y a peu de montagnes, par cette excellente raison qu'il n'y a, au delà des zones tropicales, presqu'aucune terre. Si l'on excepte la Patagonie, pays relativement très froid, la Tasmanie et une partie de la Nouvelle-Zélande, tout est océan entre le 40e parallèle et le cercle polaire antarctique, et ce dernier n'enceint guère qu'une immense calotte de glace. Nous ne sommes qu'au commencement des grands froids de l'hiver apsidial de nos antipodes : il est de toute vraisemblance que le climat des régions australes se refroidira encore pendant un millier d'années, de même que, dans notre hiver annuel, le mois de janvier est ordinairement le plus froid.

On ne saurait donc objecter à la théorie que le refroidissement qui a

amené dans notre atmosphère les phénomènes de la période glaciaire ne se manifeste pas aujourd'hui dans l'hémisphère austral. Il s'y manifeste en proportionnant ses effets aux conditions géographiques de cet hémisphère.

Nous passerons sous silence les innombrables considérations, d'ordre plus secondaire, que l'auteur expose pour combattre les objections diverses qu'on a pu chercher à lui opposer ou pour aller au devant de celles qu'on pourrait lui faire. Il nous suffit d'avoir exposé et expliqué sa thèse. Une chose nous semble certaine : que cette théorie soit acceptée ou bien qu'on la repousse, on ne saurait lui refuser un degré de vraisemblance égal à celui de beaucoup d'autres théories scientifiques contre lesquelles personne ne s'élève. Mais celle-ci possède une qualité ou un défaut, comme on voudra, qui lui vaut plus d'une opposition systématique : elle tend à expliquer la formation de l'univers et surtout l'apparition de l'homme en des conditions de durée qui n'ont rien de fantastique, rien qui séduise les imaginations éprises des myriades accumulées de siècles. C'est un tort irrémissible aux yeux d'une certaine école : cela mérite toutes les colères et légitime toutes les invectives.

Qu'il y ait peut-être, dans l'ensemble des écrits du savant abbé Hamard, une tendance générale à raccourcir un peu plus que de raison la durée des temps antérieurs à l'histoire, nous ne voudrions pas nous porter, d'une manière absolue, garant du contraire. Mais, exagération pour exagération, nous préférerons toujours la moindre ; et qu'est-ce que l'exagération dans laquelle tomberait l'abbé Hamard, si tant est qu'il y tombe, en regard de celles des savants de la soi-disant bonne école ? Dans sa *Chronologie des excentricités*, par exemple, M. Blandet recule à 3250 siècles l'origine de la période glaciaire qui en aurait duré 2500. Un autre savant, M. Péroche, en réclame 3500 et annonce que cette période serait terminée depuis cent mille ans. Ce n'est pas assez pour un troisième (1) qui parle de plus de *dix millions de siècles*. Celui-ci promulgue l'âge de l'humanité comme remontant à 10 42 000 années à partir des temps miocènes ; et celui-là, en nous révélant que le cheval, après avoir été chassé comme bête sauvage pendant trois cent mille ans, a été domestiqué en l'an 19 397 avant J.-C., oublie d'indiquer aussi le mois et le quantième du mois de cette intéressante opération.

Il faut avouer qu'en présence de pareilles excentricités, l'on est au moins excusable d incliner parfois vers l'excès opposé. Mais, après tout, attribuer une durée de plus de dix mille ans à l'espace écoulé depuis la période glaciaire, et accorder à celle-ci plusieurs milliers d'années de durée, est-ce donc vraiment porter l'exagération dans la restriction du nombre des siècles de la préhistoire ?

J. D'E.

(1) Hopkins, d'après J. Southall : *The recent origin of man.*

V

Le typhon du 31 juillet 1879, par le P. Marc Dechevrens, S. J., directeur de l'observatoire de Zi-ka-wei. — Zi-ka-wei, 1879.

Les typhons des mers de la Chine, comme les cyclones de l'océan Indien, comme les ouragans des Antilles, comme les tempêtes de l'Atlantique sont des tourbillons atmosphériques nés dans le voisinage de l'équateur et qui, tout en tournant sur eux-mêmes suivant une loi connue, décrivent, dans leur marche vers les pôles, des trajectoires paraboliques d'une assez grande régularité.

Ces tourbillons sont-ils des girations *circulaires*, c'est-à-dire tangentielles à un cercle dont le centre serait le centre même du tourbillon ; ou des girations *convergentes* à aspiration centripète? Se forment-ils au ras du sol ou dans les régions supérieures de l'atmosphère? Ces questions divisent encore les météorologistes.

L'extrême complication de ces mouvements tournants n'a point permis jusqu'ici aux mathématiciens d'y faire pénétrer victorieusement leurs formules ; et les observateurs ne sont point d'accord sur l'interprétation à donner aux faits qu'ils observent.

L'an dernier, nous analysions ici même un savant mémoire, lu à l'Académie des sciences de la Havane par le P. B. Viñes, S. J. Le directeur de l'observatoire du Collège royal de Belen croit aux girations convergentes, aux tempêtes d'aspiration centripète à courants ascendants ; et il base sa conviction sur des faits nombreux. A ses yeux, la théorie opposée « que son auteur (M. Faye) prétend appuyer sur la réalité des faits et les lois de Redfield, n'en reste pas moins une théorie *à priori*, que les faits eux-mêmes se chargent tous les jours de réfuter et de contredire (1) .»

Et cependant, tout récemment, M. l'amiral Cloué semblait affirmer le contraire. « Les trombes marines, dit-il, ne vont pas toujours jusqu'à la mer ; le tourbillon qui se détache du nuage ne descend pas toujours assez pour faire produire même un commencement d'agitation à l'eau.

(1) *Apuntes relativos a los huracanes de las Antillas en setiembre y octubre de* 1875 *y* 76, p. 83. — Voir *Rev. des quest. scient.*, t. VI, p. 281.

» Je n'ai jamais vu une trombe commençant par s'élever de la mer ; je n'ai jamais vu une trombe ne tenant pas, par sa partie supérieure, à un nuage très dense. (1) »

Le P. Dechevrens croit pouvoir concilier ces affirmations en apparence contradictoires. Pour le directeur de l'observatoire de Zi-ka-wei, « un cyclone, un typhon serait aussi bien *ascendant* que *descendant*. (2) » Nous entrerons tantôt dans les détails.

Avant cela, rappelons ce que M. Faye disait au mois de janvier dernier à l'Académie des sciences, en présentant les observations magnétiques et météorologiques faites, pendant le mois de mai, à l'observatoire de Zi-ka-wei.

« Je désire appeler l'attention sur les conclusions que le P. Dechevrens, le directeur, a tirées de ces observations et de toutes celles qui les ont précédées.

» La première consiste en ce que les bourrasques et tempêtes, et en général toutes les dépressions barométriques, se propagent de la Chine au Japon en suivant la même marche que les bourrasques et tempêtes de l'Atlantique qui viennent jusqu'en Europe.

» La seconde consiste en ce que les bourrasques et tempêtes sont indépendantes de la mousson régnante et réciproquement, l'une n'empêchant pas l'autre de souffler. »

M. Faye cite ensuite un passage « du savant directeur de l'observatoire chinois. » Puis il conclut : « Ainsi, dans les régions opposées aux nôtres sur l'hémisphère nord, les tempêtes et bourrasques, qu'on les nomme cyclones ou typhons, suivent identiquement la même marche, quelle que soit la distribution des eaux et des terres, qu'il y ait ou non des courants d'eau chaude, comme le Gulf-Stream, ou des chaînes de montagnes sur leur trajet, quelle que soit l'allure des vents inférieurs régnant dans chaque contrée. Donc l'origine de ces phénomènes giratoires est dans la région supérieure de l'atmosphère, dont les courants réguliers, accusés par les cirrhus, reproduisent justement la direction des tempêtes chinoises et japonaises tout comme celle des tempêtes qui nous sont câblées par les États-Unis. Les mouvements giratoires engendrés dans les hautes régions de l'atmosphère, bien au-dessus de tous les accidents superficiels du globe, descendent jusqu'au sol à travers les couches inférieures ; celles-ci peuvent se mouvoir dans un sens ou dans l'autre sans que ni ces mouvements inférieurs, ni les accidents des continents ou des mers influent directement sur la

(1) *Comptes rendus*, t. xc, p. 1046 ; 3 mai 1880. Sur une lettre de M. l'amiral Cloué relative aux trombes ; note de M. Faye.

(2) *Le typhon du* 31 *juillet* 1879, p. 8.

marche des tempêtes, et l'on retrouve tout autour de notre hémisphère les mêmes lois de propagation des mouvements giratoires, en Chine et au Japon aussi bien qu'en Amérique et en Europe.

» Quant au second point, l'étude des sept bourrasques de mai dernier conduit l'habile observateur à reproduire et confirmer une remarque qu'il avait déjà faite dans le cours de l'année précédente :

«On peut reconnaître l'influence de la mousson régnante même au sein » des perturbations atmosphériques. Si pendant l'hiver, alors que » règnent les vents d'entre nord et nord-ouest, la seconde phase des bour- » rasques, celle qui amène les vents du nord-est, prend un développe- » ment plus considérable que la première, l'inverse a aussi lieu dans la » mousson d'été, quand les vents dominants sont ceux du sud-est ; ces » vents gagnent en durée sinon toujours en force, ce que ceux du nord- » ouest perdent à cette époque.»

» Permettez-moi, poursuit M. Faye, de rapprocher cette remarque importante, relative à l'hémisphère boréal, de l'explication que j'ai donnée d'un phénomène analogue qu'on observe sur l'hémisphère austral. Là les trajectoires des tempêtes sont des courbes symétriques (par rapport à l'équateur) de celles des régions boréales de même latitude, et le mouvement giratoire des bourrasques y est de sens inverse, c'est-à-dire de gauche à droite. Dans la région de la mer australe où se trouvent les îles Maurice et de la Réunion, les trajectoires des tempêtes vont à peu près du nord-est au sud-ouest ; ce n'est que dans les régions plus au sud qu'elles prennent la direction symétrique de celles des mers de Chine par 31° — 34° de latitude, c'est-à-dire du nord-ouest au sud-est. Les alizés du sud-est coupent donc presque à angle droit la portion considérée (vers l'île de la Réunion). Or, c'est un fait d'expérience que dans ces parages, de Madagascar à l'île Maurice, lorsqu'on va être atteint par une bourrasque, l'alizé se met à souffler en tempête. De plus, M. Meldrum, directeur de l'observatoire de l'île Maurice, en étudiant les détails de certains cyclones, a remarqué qu'à l'arrière un vent assez faible souffle parfois dans la direction du centre, et non pas dans le sens perpendiculaire au rayon. Ces faits ont été cités comme des preuves à l'appui de l'hypothèse des tempêtes d'aspiration centripète, mais j'ai montré que ces deux phénomènes se rattachent tout simplement à la présence des alizés du sud-est. A l'avant, la bourrasque souffle aussi du sud-est et ajoute son effort à l'alizé ; celui-ci semble donc fraîchir et bientôt souffler en tempête. A l'arrière, le cyclone souffle du nord-ouest dans une direction opposée à l'alizé, le neutralise parfois à une certaine distance du centre, et ne laisse alors subsister que le mouvement de translation de la tempête perpendiculairement aux directions précédentes.

» Il en est justement de même, comme on vient de le voir par les ob-

servations chinoises, dans la région des moussons, bien entendu *mutatis mutandis*. La mousson d'hiver souffle, à Zi-ka-wei, du nord-ouest (d'entre nord et nord-ouest); or, on observe à l'avant de la bourrasque, qui se propage dans une direction grossièrement perpendiculaire, une recrudescence marquée de cette mousson, tandis que le vent du cyclone, qui affecte à l'arrière la direction opposée, faiblit considérablement. La mousson d'été, une fois bien établie, souffle au contraire du sud-est. Cela ne change rien à la marche des bourrasques, qui reste la même en toute saison ; mais, comme le vent de la tempête à son avant est sud-est, les choses se passent comme si la mousson devenait là plus énergique, tandis qu'à l'arrière celle-ci se compose avec le vent inverse de la bourrasque, qui l'affaiblit. La règle nautique que j'avais proposée pour les régions des alizés s'étend donc aussi à celles des moussons, sauf en ce qu'il y a lieu, dans le second cas, de distinguer entre l'été et l'hiver.

» Ces phénomènes grandioses et d'une régularité presque géométrique, incompatibles avec l'hypothèse des météorologistes qui cherchent au ras du sol l'origine des tempêtes, s'accordent donc, jusque dans les détails, avec la théorie qui place cette origine dans les courants supérieurs et qui considère les tempêtes de toute sorte et de toute dénomination comme des mouvements giratoires qui, tout en marchant horizontalement avec le courant où ils s'engendrent, se propagent verticalement de haut en bas jusqu'à ce qu'ils soient arrêtés par l'obstacle du sol (1). »

L'importance et l'intérêt de ces considérations nous ont engagé à les citer tout au long : elles ont une portée réelle, indépendante de toute théorie particulière. Voyons maintenant jusqu'à quel point la manière dont M. Faye interprète les observations chinoises en faveur de la théorie des tourbillons descendants à courants centrifuges, est conforme aux idées de l'observateur, le P. Dechevrens.

Le directeur de l'observatoire de Zi-ka-wei expose sa pensée, sur la nature des mouvements tourbillonnants, avec plus de détails dans son travail sur *le Typhon du* 31 *juillet* 1879, que dans les *Bulletins* de son observatoire. C'est à ce point de vue surtout que nous allons parcourir son mémoire.

Nous le disions en commençant, « les typhons des mers de la Chine sont des tourbillons, tout comme les cyclones du Bengale, les ouragans des Antilles et les tempêtes tournantes de l'Europe. » Le typhon du 31 juillet 1879 s'est en tout comporté comme un véritable tourbillon.

Par quelle cause a-t-il été engendré ?

(1) *Comptes rendus*, t. xc, pp. 50-53.

Si l'on examine la situation de l'atmosphère au-dessus des contrées où s'est déchaîné le météore à l'époque de son apparition, on trouve, pendant tout le mois de juillet, dans le midi de la Chine, sur les côtes, des vents assez fixes de sud-ouest ; plus haut, ils ont tourné au sud et au sud-est, et ont acquis une intensité assez considérable. Plus à l'est, dans les régions des îles Philippines, le vent souffle faiblement du nord-est. Voilà pour les couches inférieures de l'atmosphère.

Au-dessus, à Luzon, c'est la mousson du sud-ouest qui, en s'élevant, a dû tourner un peu au sud ; tandis que sur le parallèle de 31° de latitude les vents supérieurs viennent les uns du sud-ouest, les autres, les plus élevés, du nord en s'inclinant tantôt à droite, tantôt à gauche. L'air est sec partout, sauf entre le 35e et le 40e degré de latitude nord, où les pluies succèdent, depuis les derniers jours de juin, à six mois de sécheresse.

Qu'y a-t-il dans ces diverses circonstances qui ait pu provoquer la formation d'un tourbillon atmosphérique ?

« La cause unique, dit le P. Dechevrens, qui a donné naissance au typhon, *c'est la rencontre des deux grands courants atmosphériques qui circulaient dans les hautes régions de l'air*, l'un marchant du nord au sud, l'autre venant d'une direction absolument contraire, jointe à l'état d'équilibre instable observé à Luzon entre les diverses couches d'air superposées (p. 6). »...

Cette affirmation pourra peut-être paraître un peu précipitée. Pour décider la question de l'origine d'un cyclone, ce n'est pas seulement la direction des vents qu'il importe de connaître, mais aussi les indications du baromètre.

Y avait-il une dépression atmosphérique bien marquée, dans la région où le typhon a pris naissance, avant son apparition ?

« Le trois-mâts *Amethyst*, qui venait de Manille, dit le P. Dechevrens, se trouvait près de la pointe sud de l'île Formose, par 21° de latitude nord, le 29 à midi ; la tempête en ce lieu sévissait alors avec fureur, le vent était à l'WSW, et le baromètre marquait 743mm, 7 ; il n'eut cependant son minimum, 739mm, 1, que dans la soirée du 30 ou la matinée du 31 et après beaucoup d'hésitation.... Au nord de Formose, où les observations faites dans les deux ports de Kelung et de Tamsui nous permettent de voir ce qui s'est passé à la latitude de 25° et entre le 121e et le 122e degré de longitude, nous trouvons un fait très singulier. Dans ces deux stations, qui ne sont qu'à 25 milles environ l'une de l'autre, le baromètre baisse bien à peu près parallèlement jusque dans l'après-midi du 30 juillet ; mais les vents sont bien différents. A Kelung, la plus orientale des deux villes, la plus rapprochée par conséquent du typhon, les vents se lèvent et se maintiennent au

NW, jusqu'à l'instant du minimum barométrique où ils tournent à l'WNW et à l'W ; ils soufflent avec assez de force. A Tamsui, le vent commence à l'W, dans la matinée du 29 ; le lendemain il passe à l'WSW. ; le 31 au S W. ; le maximum de force n'a lieu qu'en passant, le 30, à 1 h. du soir ; avant et après il a toujours été faible...

» Parmi les météorologistes, poursuit le P. Dechevrens, ceux qui voient dans la dépression atmosphérique la *cause* et non l'*effet* du mouvement de l'air et par conséquent de la giration des vents, pourront regarder cette longue période de basse pression qui régna aux environs de Formose comme décisive en faveur de leur opinion. On doit regretter que l'extrait du registre de l'*Amethyst*, qui m'a été communiqué, soit si bref, et se taise entièrement sur le commencement de la tempête ;... néanmoins ces basses pressions n'ont pas existé sur l'île Formose, dans sa partie nord du moins, bien que Tamsui et Kelung fussent beaucoup plus près du centre principal du tourbillon que le navire *Amethyst*... Je ne puis donc ni combattre, ni confirmer par des faits l'opinion dont je parlais plus haut p. 9). »

Admettons cependant l'origine supérieure du typhon ; et continuons l'exposé des idées théoriques du P. Dechevrens sur les tourbillons.

« Le tourbillon une fois commencé, dit-il, descendra des hauteurs vers le sol et, lorsque son pied aura pénétré dans une couche dont le mouvement de translation est indépendant du mouvement du courant générateur, il paraîtra s'incliner d'abord, puisque ses deux extrémités ne marchent plus ensemble, et comme le tourbillon n'est pas distinct du courant qui le contient et au sein duquel il trouve encore matière à alimenter son énergie première, on conçoit qu'il ne tardera pas à se détacher pour ainsi dire du lieu qui l'a vu naître et à être emporté dans la direction du courant où il a pénétré. Tel est en définitive le mécanisme assez simple de la formation de notre typhon et en général de tous les tourbillons atmosphériques (p. 7). »

Rapprochons ces idées de la théorie de M. Faye.

M. Faye admettrait que « le tourbillon une fois formé descende des hauteurs vers le sol, » en vertu même de la giration de ses molécules, giration « employée tout entière, dans son trajet aérien, à refouler l'air autour et tout le long de son axe, formant ainsi une gaine, une manche à vent (1). » Mais il n'admettrait pas que le tourbillon, entré dans une couche « dont le mouvement de translation est indépendant du mouvement du courant générateur, » ne reste pas « distinct du courant qui le contient ; » il n'admettrait pas qu'il trouve dans ce courant même

(1) *Comptes rendus*, t xc, p. 1047, note de M. Faye.

« matière à alimenter son énergie; qu'il se détache pour ainsi dire, du lieu qui l'a vu naître... »

Pour M. Faye, en effet, cette gaine, cette manche à vent est « une manche fermée par en bas, complètement isolée du milieu ambiant où elle pénètre de force, et ne recevant que l'air tournoyant des régions supérieures. Si une force semble ramener par en haut cette trombe qui pend des nuées et qui retourne se cacher dans leur sein sans y porter la moindre parcelle de l'air inférieur, c'est tout simplement que l'aliment de la giration commence à s'épuiser. Si, au contraire, le mouvement giratoire des couches supérieures s'élargissait de nouveau et venait à s'accentuer, on verrait la trombe recommencer à descendre; elle se propagerait indéfiniment par en bas jusqu'à ce que le sol l'arrêtât en subissant les effets de la force vive qu'elle transporte avec elle et qu'elle concentre de plus en plus sous l'effort de la pression ambiante (1). »

Ce n'est point là l'idée que le P. Dechevrens se fait des tourbillons.

Quand ils naissent, dit-il, par suite d'inégalités de vitesse des filets contigus d'un même courant, ou par communication latérale du mouvement d'une couche aux couches voisines par simple frottement, il y a toujours au-dessus et au-dessous de ces couches en action, des couches d'air qui les enveloppent de toutes parts; dès lors, les couches horizontales animées des plus grandes vitesses de circulation doivent s'éloigner de l'axe et produire vers leur centre, à cause du vide qu'elles y font, un appel du fluide environnant. *Celui-ci afflue tout à la fois d'en haut et d'en bas.* « Un cyclone, un typhon serait donc aussi bien *ascendant* que *descendant;* descendant dans les régions élevées au-dessous de la couche où les forces en action ont commencé le mouvement giratoire, ascendant dans les régions inférieures. Il n'est pas jusqu'à ces mouvements de sens inverses qui se produisent dans les parties les plus éloignées de l'axe qui ne viennent justifier ce que l'observation elle-même indiquait manifestement, l'existence d'un maximum de pression à la périphérie du tourbillon, la direction centrifuge des cirri élevés, la direction plus ou moins centripète des cumuli et nimbi inférieurs, selon qu'ils sont plus ou moins abaissés. La rencontre autour du centre de ces divers courants venant, les uns d'en haut, froids, les autres d'en bas naturellement chargés d'humidité, explique fort bien les énormes quantités de pluie qui accompagnent les plus violents tourbillons et ces terribles rafales de vent dues probablement à la libération brusque et saccadée de grandes quantités de chaleur latente.

» Ainsi les tourbillons seraient ascendants dans la limite des régions où l'observation peut s'étendre, et cependant leur lieu d'origine se trou-

(1) *Comptes rendus*, 3 mai 1880, t. xc, p. 1047.

verait dans les courants atmosphériques supérieurs et non à la surface du sol (p. 8). »

Cette théorie est ingénieuse. Évidemment elle a pour but de concilier deux convictions de l'auteur : l'origine supérieure du cyclone et la convergence des courants inférieurs qui le constituent. Ce dernier point est capital. Le P. Dechevrens s'en occupe tout particulièrement. « J'ai la confiance, dit-il, que ceux qui voudront bien étudier les tableaux que je vais donner, ne trouveront pas trop précipitée, trop peu fondée la conviction où je suis aujourd'hui que les typhons, et partant tous les tourbillons atmosphériques, sont constitués par des courants convergents (p. 18). » Voici toute sa pensée.

A la limite extérieure du typhon du 31 juillet, dans la zone de pression maximum, les vents étaient sensiblement circulaires ou même un peu centrifuges. Toutefois ceci ne semble avoir été vrai que dans la partie antérieure du tourbillon ; à l'arrière les vents auraient été au contraire centripètes ou convergents.

Ce fait ne prouve-t-il pas qu'il faut tenir compte dans l'étude d'un tourbillon de la vitesse propre des couches atmosphériques au sein desquelles il est emporté ? Au moment où le typhon se formait, la mousson d'été ou de SSE régnait à la hauteur de Chang-hai. Il est évident qu'aux limites extérieures de la tempête, là où les vents en giration n'avaient qu'une très faible intensité, l'influence perturbatrice du courant général dut être fort sensible. Sa direction étant aussi celle du typhon, en avant, la résultante des vents d'E du tourbillon et des vents de SSE du courant, rendit divergents les mouvements antérieurs ; à l'arrière ils furent convergents, car la résultante de la direction ouest des bords du tourbillon avec la direction SSE. du courant dut amener des vents du SW. ou même du S.

Donc pratiquement les vents, aux bords extérieurs d'un tourbillon, ne seraient circulaires que dans une direction normale à la trajectoire ; dans la direction de cette trajectoire, si l'on suppose que la direction est habituellement celle des couches inférieures de l'air, les vents seraient divergents en avant et convergents en arrière.

Donc la loi connue : *Faites face au vent, le centre du tourbillon est à votre droite, c'est-à-dire à 8 quarts ou à 90° de la direction du vent*, n'aurait pas toute la simplicité et toute la généralité qu'on pourrait lui supposer.

La convergence des vents dans les cyclones semble être une sérieuse objection contre la théorie des tourbillons descendants. Il est certain, en effet, qu'il existe, dans la région centrale d'une tempête, un minimum de pression bien marqué. C'est là, pour les partisans des girations descendantes, un *effet* de la giration même. « La baisse baromé-

trique centrale, dit M. Faye, est une suite toute naturelle du mouvement giratoire qui refoule sur les bords une masse d'air plus ou moins considérable et produit tout autour de lui une légère augmentation de pression. Dans la région centrale raréfiée se précipitent verticalement, de haut en bas, les giratíons sous la forme de courbes hélíçoïdales à rayon progressivement réduit (1). » D'autre part les courants inférieurs sont tous centripètes ; et cependant l'air ne s'accumule pas dans la partie centrale du tourbillon ! Par quelle issue s'échappe-t-il donc ?

Le P. Dechevrens s'efforce de montrer que sa théorie des tourbillons à la fois descendants et ascendants échappe en grande partie à cette difficulté. « Ces vents inférieurs convergents, dit-il, obéissent réellement à un appel d'air vers la région centrale, où la pression est considérablement moindre qu'aux limites extérieures du tourbillon. Cet air s'élève alors en tourbillonnant, enfermant dans ses spires une région où les mouvements sont à peu près nuls, et il va dans les couches élevées où le tourbillon a sa tête donner un nouvel aliment à la force qui l'a primitivent engendré. Là, ces masses d'air relativement chaud et humide se mêlent aux masses d'air froid qui, pour des raisons analogues, descendent vers le même point des parties élevées de l'atmosphère, et toutes ensemble continuent à tourbillonner, mais horizontalement, et s'échappent de toutes parts loin du foyer commun où elles ont comme puisé une nouvelle énergie. Il y a échange perpétuel d'énergie entre la région moyenne et les deux régions supérieure et inférieure (p. 23). »

Nous bornerons ici notre analyse. Ce que nous avons extrait du mémoire du P. Dechevrens suffit, croyons-nous, à montrer le mérite de ce livre, plein de faits et d'idées, œuvre d'un observateur habile et savant.

J. Thirion, S. J.

---

(1) *Comptes rendus*, t. xc, p. 1047 (3 mai 1880).

REVUE

DES RECUEILS PÉRIODIQUES.

ANTHROPOLOGIE.

L'homme pliocène en Californie ; Le crâne de Calaveras. — Il y a longtemps que l'on signale en Amérique des découvertes tendant à prouver que l'homme y a vécu, comme en Europe, avec des animaux appartenant à des espèces et même à des genres actuellement éteints. Mais ces faits n'ont été acceptés qu'avec beaucoup de réserve par les savants du vieux monde ; non pas qu'on eût des doutes sur la bonne foi des hommes éclairés qui les faisaient connaître ; mais il manquait, pour établir leur valeur définitive et les poser dans le monde, ces contrôles multipliés qui, chez nous, ont permis d'élever des faits de même nature à la hauteur de vérités incontestées.

Une des plus intéressantes parmi les découvertes que nous ont signalées les savants américains est assurément celle d'un crâne humain, à 120 pieds de profondeur, dans les graviers aurifères de Table-Mountain, dans le comté de Calaveras en Californie. Cette trouvaille est ancienne déjà. Elle remonte à l'année 1866. Mais un récent travail de M. Whitney (1) géologue bien connu, vient d'appeler de nouveau l'attention sur les circonstances dans lesquelles elle s'est produite ; et M. Desor s'est chargé de l'accréditer auprès des savants européens, par un compte rendu, reproduit en partie dans les *Matériaux pour l'histoire primitive et naturelle de l'homme* (2). M. Desor jouit d'une autorité scientifique très

(1) J. D. Whitney. *The auriferous gravels of Sierra Nevada of California*, in 4° Cambridge (Mass.) 1879.

(2) E. Desor, *l'Homme pliocène de la Californie*. Nice 1879, 16 p. et *Maté-*

méritée. Son opinion ne peut donc pas être traitée légèrement. Aussi allons-nous l'examiner avec toute l'attention et la déférence que comporte une question de cette importance.

« Les graviers aurifères de la Sierra Nevada, nous dit-il. ont fourni une quantité d'ossements de grands mammifères qui, pour la plupart, n'existent plus, mais qui ont dû être contemporains de l'homme primitif, puisqu'ils se trouvent associés à des restes de son industrie. Ces ossements ont fait l'objet d'une étude approfondie de la part d'un éminent paléontologiste américain, M. le professeur Leidy Il y a constaté la présence non seulement d'espèces, mais même de genres éteints, tels que de grands lamas (*Palauchenia*) d'un curieux pachyderme propre à l'Amérique (*Elotherium*), de chevaux du groupe des hipparions. Les chevaux proprement dits ne font pas non plus défaut, ni les bœufs, dont on signale plusieurs espèces fossiles. Les plus importants cependant sont les proboscidiens, spécialement les mastodontes et les éléphants, qui se retrouvent également dans la Sierra Nevada, et dans les collines du littoral, jusqu'à l'altitude de 1000 mètres. Le mastodonte est de beaucoup le plus répandu. Il est tel gisement aux environs de Sonora et de Columbia où, selon l'expression populaire, les ossements de ces gigantesques pachydermes pourraient être recueillis par wagons. Ils appartiennent à l espèce connue sous le nom de *Mastodon Americanus*. L'éléphant fossile est moins abondant. Toutefois il se rencontre comme le mastodonte à la fois à la Sierra Nevada et dans les collines du littoral, mais sans remonter comme ce dernier jusqu'aux premiers dépôts pliocènes, sous les coulées de basalte qui recouvrent les graviers. Tous ces animaux auraient, ainsi que l'homme, été les témoins et peut-être les victimes des commotions volcaniques qui ont bouleversé la côte du Pacifique, pendant l'époque pliocène (1). »

Voici de haut en bas, la série des couches dans lesquelles s'est trouvé le crâne de Table-Mountain :

1. Lave noire	40 pieds.	6. Graviers	25 pieds.
2. Graviers	3 —	7. Lave brune	9 —
3. Lave blanche	30 —	8. Graviers	5 —
4. Graviers	5 —	9. Lave rouge	4 —
5. Lave blanche	15 —	10. Graviers rouges	17 —

C'est dans les graviers n° 8, sous la quatrième couche de lave, que,

riaux pour l'histoire primitive et naturelle de l'homme; 2e série. T. XI, p. 61

(1) Loc. cit., p. 63.

d'après le propriétaire de la mine, aurait été découvert le crâne en question.

« Les empreintes de plantes, qui sont très fréquentes dont les couches argileuses des graviers aurifères de la Sierra Nevada, continue M. Desor, ne font que confirmer ces conclusions. Notre compatriote M. Léo Lesquereux, qui en a fait une étude détaillée, n'hésite pas à les considérer comme pliocènes, tout en reconnaissant qu'il existe quelques espèces qui sont très voisines, sinon identiques avec certaines formes miocènes. En revanche la flore fossile des graviers aurifères est absolument différente de celle qui recouvre aujourd'hui les flancs de la Sierra Nevada. Un fait curieux à signaler, c'est l'absence complète de conifères, ce qui est d'autant plus remarquable que ce sont ces végétaux qui aujourd'hui impriment à la flore californienne, son cachet dominant. On se demande si ce changement n'a pas été provoqué par la période glaciaire. Dans ce cas, la flore des graviers aurifères fournirait une nouvelle preuve à l'appui de l'hypothèse qu'en Amérique comme en Europe, l'homme est antérieur à la période glaciaire.

» Enfin M. Whitney énumère un certain nombre d'ustensiles qui ont été recueillis dans les mêmes graviers aurifères. Ce sont des espèces de lances, des haches en pierre et surtout des mortiers destinés probablement à broyer certaines graines ou noyaux (1). »

Lorsque ces faits furent publiés pour la première fois, ils soulevèrent les plus vives protestations. On parla de supercherie. On prétendit que la bonne foi de M. Whitney avait été surprise. Bref on nia l'authenticité du crâne de Table-Mountain.

Le récent mémoire du géologue américain a pour objet d'établir, contrairement à ces critiques; 1° que le crâne en question est bien un crâne fossile; 2° qu'il a bien réellement été trouvé dans les graviers aurifères.

M. Whitney invoque en faveur de l'authenticité du crâne de Calaveras, le témoignage d'un naturaliste, M. Jeffries Wyman, et celui d'un chimiste M. Sharples.

M. Wyman, après avoir décrit le document controversé, conclut qu'il « occupe un rang relativement élevé parmi les types américains, puisqu'il ne le cède en largeur à aucun des autres crânes californiens ; mais qu'il les surpasse par d'autres particularités, telles que la largeur du frontal, la hauteur du crâne et le diamètre zygomatique. Au total, c'est du crâne des esquimaux, qu'il se rapproche le plus. »

Il s'agit donc ici d'un crâne indigène, et ce fait seul suffirait (d'après M. Desor), pour prouver qu'il ne peut être récent, ne fût-ce que par la

(1) Loc. cit., p. 64.

raison que les anciens Esquimaux ne se livraient guère aux travaux des mines (1).

L'analyse chimique a appris que le phosphate de chaux s'y trouve dans la proportion de 32 0/0 ; le carbonate de chaux dans celle de 62 0/0 ; et que la matière organique n'est représentée que par des traces insignifiantes, comme cela a lieu ordinairement dans les os d'une fossilisation très ancienne.

Quant à la question d'authenticité, M. Desor estime qu'il n'y a pas lieu de s'arrêter aux certificats que M. Whitney a cru devoir recueillir pour établir la parfaite honorabilité du propriétaire de la mine et écarter le soupçon de supercherie ; la double analyse anatomique et chimique établissant péremptoirement, d'après lui, qu'il s'agit bien réellement d'un crâne fossile.

Aussi le savant géologue suisse se pense-t-il autorisé à conclure :

« 1° Que l'homme existait en Californie pendant que les volcans de la Sierra Nevada étaient encore en activité, par conséquent antérieurement à l'érosion des vallées et des profonds ravins (cañons), à une époque où la faune et la flore étaient complètement différentes de ce qu'elles sont aujourd'hui.

2° Qu'il a été le contemporain du mastodonte et d'autres grands animaux de race éteinte. dont les analogues appartiennent en Europe au terrain tertiaire.

3° Que cet homme pliocène, appartenant au type américain, vivait dans un état très primitif, à en juger par les débris de son industrie.

4° Qu'il a habité la Sierra Nevada pendant une longue série de siècles, ce qui est attesté par les dépôts de cendres volcaniques qui recouvrent les graviers aurifères, et par les empreintes de végétaux qui pullulent dans les lits argileux de ces mêmes graviers. »

Nous allons reprendre successivement les différents points de cet exposé et voir s'il n'y aurait pas quelques restrictions à apporter aux conclusions de MM. Whitney et Desor. Nous examinerons d'abord le gisement au point de vue paléontologique et stratigraphique ; puis les traces que l'homme y a laissées et leurs caractères industriels ; enfin l'authenticité du crâne lui-même.

Et d'abord le gisement est-il réellement tertiaire, pliocène comme on l'affirme ?

M. Desor est un paléontologiste trop éclairé pour admettre cette détermination sans réserves. Aussi prend-il ses précautions. « On conçoit facilement, dit-il, qu'il ne soit pas aisé, à pareille distance, de paralléliser les faunes des deux continents. »

(1) M. Desor, *Matériaux*, p. 66.

C'est qu'en effet des animaux comme le mastodonte et l'hipparion, qui en Europe seraient indubitablement tertiaires, appartiennent en Amérique aux formations les plus superficielles et les plus récentes ; non seulement à ce qui représente en Europe le diluvium ou le drift, mais même aux dépôts de tourbes superposés au diluvium. Les marais et les tourbières où l'on ne trouve en Europe que des espèces actuelles, sont le gisement ordinaire du mastodonte dans l'Amérique du Nord. Les squelettes de ces animaux sont encore placés, le plus souvent, dans la position verticale où ils ont dû périr après s'être embourbés.

« Il ne paraît pas qu'on puisse douter, dit le professeur Hall, de l'existence très récente de cet animal. Les marnières et les tourbières où ses débris se rencontrent sont les plus récents de tous les dépôts superficiels; car ils continuent encore à se former, et le sol avait généralement acquis son relief actuel avant qu'ils aient commencé à se produire. Une grande perturbation, comme par exemple l'immersion de la contrée, ferait disparaître ces dépôts en mêlant leurs éléments avec le gravier environnant (1). »

Sir Charles Lyell a fait remarquer que ces débris reposent généralement sur des couches contenant des coquilles terrestres et d'eau douce, d'espèces vivantes, et conclut non seulement à l'existence récente du mastodonte, mais à la continuation du même climat. Il pense que la première idée qui se présente à l'esprit du naturaliste est que ces grands animaux, mastodonte ou mammouth, ont pu être tués par les flèches des Indiens (2).

Et en effet, tout le monde connaît le récit publié par le Dr Koch de la découverte d'un mastodonte dans le comté de Gasconade, Missouri, dont le squelette à moitié brûlé et enfoui sous des quartiers de roche, était accompagné de lances, de flèches, de haches et de couteaux en pierre. « L'animal avait dû s'embourber la tête la première, dit l'auteur du récit, et, incapable de se dégager lui-même, il était tombé sur le côté droit. Les Indiens l'avaient trouvé dans cette position et l'avaient tué (3). »

(1) Of the very recent existence of this animal there seems to be no doubt. The marl-beds and muck-stamps where these remains occur, are the most recent of all superficial accumulations (indeed they are now forming), and the surface had arrived at its present condition generally before these began to be formed. Any great change, such as the submergence of the land, would obliterate these deposits and mingle their contents with the surrounding drift. » (*Natural history of New-York*; Part. IV, Geolog.)

(2) Lyell. *A second visit to the United States;* vol. II, pp. 270-271; vol. I; p. 234-298.

(3) *American journal of science* for 1839; vol. XXXVI, p. 19.

On retrouve fréquemment et notamment dans les tourbières, des végétaux enfouis avec les squelettes de mastodonte. Ils appartiennent aux espèces actuelles de la contrée. Dans plusieurs circonstances, relatées par M. James Southall, dans son ouvrage, *The recent origin of man*, auquel j'ai fait plus d'un emprunt, on aurait même découvert des débris de végétaux hachés et broyés, qui paraîtraient provenir de l'estomac de l'animal (1).

Si le mastodonte appartient aux formations les plus récentes du continent américain; si l'hipparion se trouve encore dans le diluvium, c'est-à-dire dans les graviers des rivières, immédiatement antérieurs aux formations actuelles, en un mot dans des terrains qui correspondraient à notre quaternaire, je ne saisis pas les motifs qui peuvent déterminer MM. Whitney et Desor à faire des graviers aurifères une formation tertiaire. Si en effet on doit entendre par terrain quaternaire, les formations récentes qui ont précédé immédiatement les formations modernes, je ne crois pas qu'ils puissent être mieux représentés que par les graviers aurifères de la Californie ; en remarquant toutefois que la faune et la flore américaines avaient conservé leur facies tertiaire pendant l'époque dite quaternaire, tout comme l'Australie nous offre encore l'exemple d'une flore et d'une faune contemporaines à facies tertiaire.

Dira-t-on que les phénomènes volcaniques, attestés par la succession de laves, dont il a été question précédemment, donnent la présomption d'une très haute antiquité ?

Et pourquoi donc ? N'a-t-on pas découvert à Santorin, enfouie sous un amas de lave et de débris volcaniques épais de 150 pieds, une ancienne cité dont les habitants fabriquaient de beaux vases, des instruments de bronze et des bijoux en or ? Est-il besoin de rappeler que la ville d'Herculanum est recouverte par plus de cent pieds de lave et de cendres volcaniques ?

D'ailleurs les géologues américains sont d'accord pour reconnaître que, non seulement les phénomènes volcaniques des territoires de l'Ouest ne remontent pas à une très haute antiquité géologique, mais qu'ils continuent à se produire de nos jours.

Je citerai encore à ce propos M. J. Southall : « Le *Geological Survey of the Territories*, publié sous les auspices du gouvernement, par M. le professeur Hayden, représente le grand bassin du Snake River, large de 75 à 100 milles et long de 175, fermé par des montagnes, comme entièrement recouvert par une couche de basalte d'âge récent (entirely covered by a bed of basalt of modern date). Le professeur Hayden s'exprime de même au sujet de la vallée de Yellowstone, dans le Mon-

(1) J. Southall : *The recent origin of man;* p. 332.

tana. Ce revêtement de basalte a été reconnu aussi dans le Colorado. Toute la région a été le théâtre de phénomènes volcaniques d'une puissance formidable et d'une grande violence. Le professeur Hayden nous répète mainte fois que tout cela est très récent. « Les dépôts lacustres, dit-il, sont certainement d'âge très moderne, au plus pliocènes. Sur ces dépôts s'étend un énorme lit de gravier, par conséquent plus récent encore ; puis vient l'épanchement de basalte. »

« Comme je l'ai souvent constaté, dit-il encore, l'effusion du basalte est un événement moderne, qui prit place probablement en majeure partie vers le commencement de la période présente, après que le sol eut acquis, ou à peu près, sa conformation actuelle.

» Nous savons aussi que toute cette région est caractérisée par des sources chaudes et des geysers. Il semble évident, ajoute M. Hayden, que dans tout l'Ouest, pendant cette longue période d'activité volcanique, les sources chaudes et peut-être même les geysers étaient nombreux. Nos sources chaudes qui vont disparaissant lentement, sont naturellement les derniers témoins de cette série d'événements. En sorte que nous sommes encore dans la période volcanique (1). »

Ainsi les phénomènes volcaniques, pas plus que la faune et la flore, ne fournissent des motifs suffisants pour vieillir considérablement le gisement de Calaveras, ni géologiquement, ni peut-être même chronologiquement.

Reste la question d'authenticité sur laquelle je n'insisterai pas. Elle ne peut être tranchée que sur les lieux. Je ferai seulement remarquer qu'aux certificats produits par M. Whitney, M. Southall a opposé un document qui laissera nécessairement perplexes les lecteurs incapables de se faire une opinion par eux-mêmes (2).

Quoi qu'il en soit de ces regrettables contradictions et des récriminations personnelles qu'elles ont provoquées, l'authenticité, en tant que provenance, du crâne de Calaveras, n'aurait rien d'inadmissible. En effet, ce n'est pas la seule découverte de cette nature qui ait été faite en Californie.

En 1857, le Dr C. F. Winslow fit don à la Société d'histoire naturelle de Boston, d'un crâne humain qu'il présentait comme ayant été trouvé dans le *pay-dirt* (sable aurifère), associé à des os de mastodonte et d'éléphant, à dix-huit pieds au-dessous de la surface de Table-Mountain (3). Plus tard, en 1868, le professeur Blake, lut devant l'Association

(1) Voir, *U. S. Geological Survey of the Territories*, 1871, pp. 30, 42, 48 ; 1872 pp. 35, 36, 43, 44, 50, 51 etc. — et aussi J. Southall, *loc. cit.* p. 556.

(2) Southall, *loc cit.* en note p. 558.

(3) Deux fragments de ce crâne existent encore, l'un au musée de la Société d'histoire naturelle de Boston, l'autre au musée de l'Académie des sciences de Philadelphie.

américaine à Chicago, un mémoire relatif à la découverte « de dents de mammifères éteints et de débris de l'industrie humaine, dans cette même Table-Mountain, à 200 pieds de profondeur. »

Admettons donc, jusqu'à preuve du contraire, l'authenticité du crâne de Calaveras. Ses caractères anthropologiques plaident-ils en faveur d'une très haute antiquité ?

Voici la description qu'en donne M. Jeffries Wyman, cité par M. Desor.

« La région frontale est large, au point que vue d'en haut, les arcs zygomatiques sont à peu près cachés. Comme une grande partie de l'occiput est détruite, il est difficile de dire si la tête était longue ou courte. La face est quelque peu déformée, l'orbite gauche étant plus petite et la joue gauche plus haute que la droite, ce qui donne au crâne une apparence asymétrique. Les renflements au-dessus des orbites sont fortement accusés et le bord inférieur des narines n'est pas tranchant, mais arrondi, comme dans beaucoup de races sauvages. Les os malaires sont proéminents ; mais le trait le plus caractéristique du crâne consiste dans ses arcades sourcilières très prononcées (1). »

Il occupe, ajoute pour conclure M. Wyman, un rang relativement élevé parmi les crânes américains, et c'est du crâne esquimau qu'il se rapproche le plus.

Nous avons en Europe des crânes humains très anciens où l'on a cru trouver également des traits esquimoïdes, par exemple, quelques crânes de Solutré. Ils appartiennent à l'époque quaternaire (2).

Dans tous les cas le crâne de Calaveras ne paraît pas offrir, d'après la description trop sommaire de M. Wyman, les caractères d'infériorité que présente le crâne de Néanderthal par exemple.

Je n'insisterai pas sur la valeur des indices fournis par l'analyse chimique. On sait, en effet, combien varie, suivant la nature des terrains où ils ont séjourné, la composition chimique des ossements. On ne peut rien en conclure de précis quant à l'ancienneté.

L'étude anthropologique du crâne américain nous amène donc au même résultat que les considérations empruntées à la géologie et à la paléontologie. Rien, dans cet ordre d'idées, n'impose la croyance à une très haute antiquité.

Les produits de l'industrie humaine associés parleraient-ils dans un autre sens ?

M. Desor cite d'après M. Whitney, mais sans les décrire, « des espèces

(1) *Matériaux*, 2e série, T. XI, p. 65.

(2) De Ferry ; *Mâconnais préhistorique ;* supplément anthropologique ; pp. 44, 53.

de lances, des haches en pierre et surtout des mortiers destinés probablement à broyer certaines graines ou noyaux. »

Les instruments en pierre décrits par le professeur Blake comme trouvés sous la lave de Table-Mountain, à la profondeur de 120 pieds, consistent en pointes de lance et de flèches, en ustensiles de stéatite taillés dans la forme de larges cuillers avec des manches grossiers, en mortiers et en pilons de trachyte. La plupart des pointes de lances (peut-être toutes), étaient polies à la meule et supérieures à tout ce que produisent aujourd'hui les naturels du pays (1). Je dois ajouter que le professeur Blake avait des doutes sérieux sur la provenance de ces objets.

Le docteur Foster a fait connaître une pièce trouvée à 30 pieds de profondeur dans les graviers de la vallée de San Joaquin, non loin de Table-Mountain, en creusant un puits sur les terres de M. Lafayette Nealy. C'est une sorte de pendeloque en diorite, taillée à la meule. M. Foster qualifie cet objet de peson de filet (*plummet*). Il a la forme d'un double cône, pointu à l'une de ses extrémités, obtus à l'autre et perforé à celle-ci d'un trou de suspension. « Il offre, dit M. Foster, le témoignage d'une habileté dans l'art du lapidaire, supérieure à tout ce qui a été trouvé dans les deux continents (2). » Cependant il existe encore, paraît-il, dans l'outillage des Indiens, des objets tout à fait analogues.

Si l'on prétendait établir un parallèle archéologique entre l'Amérique et l'Europe, comme le font les paléontologistes pour les espèces animales, c'est à notre industrie dite de la pierre polie, qu'il faudrait rapporter les instruments de pierre des graviers aurifères, prétendus pliocènes, de Californie !

Mais je rappellerai, à ce propos, ce que j'ai dit en commençant. L'origine de ces objets n'est pas à l'abri de toute controverse. Les savants qui les ont décrits les tenaient de seconde main. Il faut attendre pour se prononcer, des constatations plus rigoureuses et plus méthodiques. Sur différents points des États-Unis et aussi du Mexique, on a signalé des objets taillés par éclats, reproduisant d'une manière frappante nos types quaternaires européens de l'époque paléolithique. Le professeur Daniel Wilson en a fait connaître un certain nombre provenant des États de Kansas, de Wisconsin, de New-York et de Texas. Le Dr Abbott a publié ceux de New-Jersey (3). Ces instruments, du type paléolithique, appartiennent-ils à des horizons stratigraphiques différents de ceux où l'on

(1) Superior to anything produced by the present aborigenes of the country. Southall, loc. cit. p. 558, en note.

(2) It affords an exhibition of the lapidary's skill superior to anything yet furnished by either continent. Southall, loc. cit. p. 554.

(3) *Smithsonian report*, 1875, p. 246.

prétend avoir trouvé des instruments en pierre polie? C'est ce qui ne me paraît pas encore bien établi. Un archéologue américain très compétent, M. Charles Rau, admet qu'il n'y a pas lieu de diviser l'âge de pierre du nouveau continent en deux époques correspondant, l'une à la pierre taillée quaternaire (paléolithique) l'autre à la pierre polie (néolithique), et que les deux n'en font qu'une (1). M. Abbott professe l'opinion contraire sans la justifier. M. le Dr Hamy, en France, admet que le parallélisme est complet entre l'Europe et l'Amérique (2). Enfin M. F. Ameghino a soutenu l'existence de l'homme quaternaire à la Plata devant le congrès des sciences anthropologiques tenu à Paris en 1878, mais sans faire connaître en quoi pouvait consister son industrie, dont il n'a recueilli que des traces incertaines.

Il est difficile de se former une opinion sur une question aussi incomplètement élucidée. Voici cependant quelques conclusions qui se dégagent des faits précédemment examinés :

1° Il paraît bien démontré que l'homme fut le contemporain du mastodonte dans l'Amérique du Nord.

2° Le mastodonte y a vécu jusque sur les confins de l'époque actuelle.

3° La présence, dans les alluvions, du mastodonte et d'autres animaux tels que l'hipparion, classés comme tertiaires en Europe, ne suffit pas pour autoriser à regarder ces alluvions comme synchroniques de notre époque tertiaire.

4° Les alluvions aurifères de Californie peuvent être aussi bien quaternaires que pliocènes.

5° Le crâne de Calaveras représente un type anthropologique relativement élevé, ce qui le différencie des documents anthropologiques quaternaires réputés les plus anciens de l'Europe occidentale.

6° Les objets en pierre qui passent pour avoir été trouvés associés à ce crâne, témoignent d'un état industriel supérieur à celui des Européens quaternaires.

En résumé, la réalité de l'homme tertiaire n'est pas plus démontrée, selon moi, en Amérique qu'en Europe. Mais si l'authenticité des découvertes de Calaveras venait à se confirmer, elles feraient sérieusement échec à la doctrine transformiste appliquée à l'homme, et aux classifications archéologiques généralement admises en Europe. Leur portée philosophique serait considérable, puisqu'elles nous montreraient dès l'époque quaternaire — d'autres disent dès l'époque pliocène, — le type esquimau déjà fixé, et l'homme contemporain du mastodonte, vivant dans

(1) *Smithsonian report*, 1872.
(2) *Revue d'anthropologie;* 2e sér. T. I, 1er fascicule.

un état de civilisation analogue ou même supérieur à celui des Indiens actuels des bords du Rio Colorado, et fabriquant des instruments très soignés à l'aide du polissage, tandis que le contemporain du mammouth, sur les bords de la Seine et de la Somme, ignorait l'usage de la meule et ne fabriquait que de grossiers instruments obtenus par percussion. L'industrie européenne quaternaire ne représenterait donc pas comme on le prétend, une des étapes de la civilisation, une de ses phases primitives, mais simplement un état local. Si les trouvailles californiennes se confirmaient, il faudrait nous attendre à bien d'autres merveilles, voire même à surprendre quelque jour l'homme quaternaire en flagrant délit d'anachronisme, forgeant le fer ou fondant le bronze. Il n'y a que les archéologues dont « le siège est fait » qui puissent dire que cela n'est pas possible. Mais je m'empresse d'ajouter que nous n'en sommes pas encore là.

ADRIEN ARCELIN.

ASTRONOMIE

Le mètre naturel. — La création de notre système métrique est l'œuvre de l'ancienne Académie des sciences; Laplace et Lavoisier l'ont inspirée; Borda, Méchain, Delambre, etc., l'ont réalisée. En moins d'un siècle ce système est devenu à peu près général. Il n'est plus aujourd'hui un seul physicien qui, parlant des vapeurs ou des gaz, ne s'exprime en mètres cubes. Il n'est plus un chimiste qui n'emploie le kilogramme ou ses fractions. Il n'est plus un constructeur ou un ingénieur qui ignore les mesures linéaires métriques.

Évidemment, ce n'est pas à son origine géodésique que notre système de poids et mesures doit son succès. On ne peut s'empêcher de sourire en se rappelant cette phrase d'un orateur du Corps législatif de 1799 : « Il y a quelque plaisir pour un père de famille à pouvoir dire : le champ qui fait subsister mes enfants est une telle portion du globe. Je suis, dans cette proportion, copropriétaire du monde (1). »

Non; les vues des inventeurs du système métrique moderne étaient plus hautes. Ils savaient qu'un mètre unique et précis apporterait avec

(1) Cité par M. Dumas. *Documents diplom. de la Conf. du mètre;* Paris, Imprimerie nation. 1875; p. 127.

lui, dans les relations sociales, la clarté, l'économie de travail et de temps, la facilité des comparaisons; qu'il favoriserait par conséquent les relations commerciales, les fabrications industrielles, les travaux des arts mécaniques et la mise en commun des observations scientifiques. Ils espéraient, qu'en prenant le mètre dans la nature, ils lui donneraient un caractère universel propre à répondre à toutes les susceptibilités et à faire taire toutes les dissidences.

Certes, ils n'ont jamais prétendu que le mètre créé par eux serait la représentation parfaite de la dix-millionième partie du quart du méridien. Car ils savaient mieux que personne qu'il est permis de mesurer une portion seulement de ce quart de méridien ; que les arcs de méridien diffèrent sensiblement entre eux ; et que les triangulations les plus exactes comportent toujours de légères erreurs. Mais ils étaient convaincus que les ressources de la science, à leur époque, leur permettraient d'offrir aux nations deux archétypes, celui du mètre et du kilogramme, dignes d'être acceptés par tous. Ils ne se sont point trompés.

Au fond donc, le mètre qu'ils nous ont donné est encore une unité *artificielle*. Le prototype international une fois créé, il faut le conserver invariable, et produire des types nationaux liés à ce prototype par des équations soigneusement déterminées et susceptibles de révision.

Or, pour que cette révision soit possible, pour que les copies de l'archétype soient parfaites, pour que les copies de ces copies ne s'altèrent pas de proche en proche, il faut, on le conçoit, des points de repère fixes, une base de comparaison toujours identique, en un mot un étalon vraiment *naturel* que rien, ni dans le temps, ni dans l'espace, ne puisse modifier.

« Où trouver un type invariable, accessible à tous ? écrit M. J. C. Houzeau, directeur de l'Observatoire royal de Bruxelles. — La base de la grande pyramide d'Égypte ? Les arêtes en sont émoussées, mal définies, sujettes à de plus grands délabrements. La distance mutuelle de deux montagnes ? Quels sommets d'accès facile pourraient garder des repères immuables ? et puis cette distance même est-elle absolument fixe ? Bien des géologues croient à des déformations constantes de l'écorce du globe. *Les hommes de science n'ont pas trouvé encore la solution.*

» En revanche, un des grands écrivains dont la France s'honore, un de ceux qui joignent au plus haut degré à la simplicité charmante du style le sentiment le plus vrai de la nature, a soumis au monde une de ces propositions irréfléchies, irréalisables, où l'esprit pratique du savant fait absolument défaut. Je la mentionnerai,... à cause de sa singularité.

» Bernardin de Saint-Pierre a proposé pour mesure universelle le

diamètre apparent du soleil (1), « à l'équinoxe du printemps, à l'heure » de midi, lorsque l'astre est tout à fait élevé au-dessus des vapeurs » de l'horizon qui en grossissent l'image. » On recevrait, dit-il, cette image sur un miroir plan, qu'on recouvrirait ensuite d'une feuille de papier ; puis on découperait un cercle dans ce papier, de manière à dégager exactement le disque, qui paraîtrait « à peu près de la gran- » deur du fond d'un chapeau. »

» Comme l'expérience est facile à tenter, ajoute M. Houzeau, nous la recommandons à nos lecteurs. C'est en l'essayant que chacun pourra le mieux se rendre compte du paradoxe géométrique sur lequel repose cette idée (2). »

Il y a mieux à faire. Les hommes de science ont trouvé une solution du problème de l'étalon naturel. Cette solution n'est pas « irréfléchie et irréalisable » comme la proposition de Bernardin de Saint-Pierre ; mais très sérieuse et parfaitement réalisée. Elle a subi récemment, dans des circonstances connues des lecteurs de la Revue (3), le contrôle de l'expérience, et elle est aujourd'hui du domaine scientifique. Nous la rappellerons en citant un passage de *l'Unité des forces physiques*, du P. Secchi, et des extraits du mémoire de MM H. Sainte-Claire Deville et É. Mascart, *Sur la construction de la règle géodésique internationale*, mémoire lu à la réunion de l'Association géodésique internationale à Hambourg, le 5 septembre 1878, publié dans les *Annales scientifiques de l'École normale supérieure*, et analysé, ici même, par le P. Van Tricht l'an dernier (4)

Le P. Secchi expose le « système des ondulations. » — « Avant d'abandonner ce sujet, poursuit-il, nous ferons remarquer que les ondes lumineuses nous offrent un étalon de mesure absolu et inaltérable. La longueur de l'onde du sodium est toujours identique à elle-même, tant que le métal conserve sa nature. Cette longueur est donc un type de mesure linéaire aussi invariable que la nature des choses. Et un étalon ainsi choisi ne devrait pas être repoussé comme étant trop petit ; car le rapport entre la longueur de l'onde sodique et la longueur du mètre n'est pas beaucoup différent de celui qui existe entre le mètre et son prototype, c'est-à-dire le quart du méridien terrestre... Ajoutons que ces mesures d'onde ont été obtenues à l'aide des franges produites par les

(1) *Œuvres de Bernardin de Saint-Pierre*, éd. d'Aimé Martin, 1826, t. x (t. III des *Harmonies de la nature*), p. 316.

(2) *Ciel et Terre*, liv. du 1er avril 1880, p. 51.

(3) *Revue des quest. scient.* t. v, p. 643.

(4) *Ann. scient de l'Éc. norm. sup.* Deuxième série, t. VIII, année 1879 nos 1 et 2. — *Rev. des quest. sc.* loc. cit.

réticules, lesquelles ont une notable largeur, de sorte que, outre la facilité des mesures, on a encore la certitude de pouvoir obtenir toujours des résultats identiques (1). »

Cette idée n'est pas restée stérile.

« L'unique longueur dans la nature, disent MM. H. Sainte-Claire Deville et É. Mascart, qui paraisse absolument invariable, et qui est à la portée de tous les expérimentateurs, est la longueur d'onde d'une lumière parfaitement définie. Il y a longtemps qu'Arago a indiqué ce moyen pour comparer l'unité de mesure à une grandeur que toutes les perturbations qui peuvent se produire sur la terre ne sauraient modifier (2). Les progrès de l'analyse spectrale de la lumière dans ces dernières années, rendent aujourd'hui très facile ce genre de comparaisons. »

C'est au moyen des interférences produisant des anneaux de Newton, dans des circonstances et à l'aide d'un appareil spécial connus de nos lecteurs, que l'on a comparé le millimètre de l'étalon à la longueur d'onde de la lumière de la lithine ou du thallium. Nous ne nous arrêterons pas sur le procédé ; mais nous devons citer les conclusions du mémoire.

« Les principes que nous voulons établir, en effectuant le travail qui nous a été confié par l'Association géodésique internationale, nous paraissent devoir être adoptés dans toutes les opérations qui concernent la métrologie, ou, si l'on aime mieux, la micrométrie.

» Dans cette partie de la science, rien ne peut être admis sans détermination précise, directe et indépendante de l'emploi de tout instrument ayant une valeur individuelle. Rien ne peut donc être considéré, en micrométrie, comme évident.

» Cependant nous admettrons comme axiome que la température de la glace est invariable avec le temps. D'après les travaux de sir William Thomson, il n'en pourrait être autrement que si la pression atmosphérique ou l'accélération due à la pesanteur changeait de telle façon que les conditions de la vie humaine cesseraient d'exister sur la terre. Nous avons prouvé, par un procédé dont l'exactitude dépasse tous ceux qui ont été employés jusqu'ici, que la température de la glace fondante produite par la glace longtemps conservée dans une glacière est rigoureusement invariable.

» Nous admettrons comme axiome que la densité de l'eau est invariable avec le temps, et cela pour les mêmes raisons et sous les mêmes conditions que la fusion de la glace.

(1) Secchi, op. cit. — éd. franç., Paris, 1869 ; p. 194. — Le P. Secchi reproduit la même idée dans son livre *les Étoiles*, t. II. pp. 95-96.

(2) Les auteurs du mémoire n'indiquent pas où Arago émet cette idée.

» Nous admettrons que la densité du mercure à zéro ne varie pas avec le temps, et que ce métal peut servir indéfiniment à mesurer les pressions des gaz qui servent de matière thermométrique. En employant le mercure seulement pour constater l'identité des pressions de deux gaz dont l'un est confiné dans un espace invariable, nous nous affranchissons des mesures du baromètre, et, par suite, des corrections qu'il faut apporter à la mesure des hauteurs pour annuler l'influence de la température, de la latitude et des variations de la pesanteur.

» Nous admettrons qu'une masse de platine iridié ne perd aucune partie de sa substance par volatilisation à la température ordinaire. A la rigueur, ce principe, qui peut paraître évident, devrait être démontré ; mais il est clair qu'aucun procédé de mesure ne pourrait aujourd'hui être appliqué à la détermination de la tension de vapeur du platine iridié au-dessous de 100 degrés. Cependant nous croyons utile, mais aussi pour d'autres raisons, de renfermer, dans une enveloppe de verre vide d'air et fermée à la lampe, la masse de platine iridié qui doit servir de témoin pour constater la variabilité ou la permanence des propriétés physiques de la règle géodésique.

» Enfin nous admettrons que la longueur d'onde du rayon rouge de la lithine ou vert du thallium est invariable avec le temps, de sorte qu'au moyen du millimètre dont la longueur aura été exprimée par le nombre de franges qu'on peut compter entre ses deux traits extrêmes (1), les indications de notre micromètre seront indépendantes de toute valeur individuelle de l'instrument.

» Ainsi rien n'est laissé à la pure appréciation : tous nos instruments devront pouvoir être reproduits, perfectionnés, sans que rien manque au contrôle absolu des opérations. Les unités choisies sont invariables avec le temps ; et il sera toujours possible de répéter nos expériences tant qu'on aura du platine, de l'iridium, de la glace, du mercure et les instruments nécessaires à la production des phénomènes d'interférence (2). »

Les taches solaires.— La statistique des taches du soleil de l'année 1879, dressée par M. R. Wolf, montre que l'époque du minimum est définitivement franchie. L'étude comparée des séries d'observations

(1) On pourrait appeler ce millimètre *millimètre de Fraunhofer*. M. L. Mouton, dans un travail *Sur la mesure des longueurs d'ondulation des radiations infra-rouges* (JOURNAL DE PHYS., t. IX, p. 113), désigne ainsi « une unité de longueur telle que la longueur d'ondulation de la raie D indice 1, y soit 0,0005888. »

(2) *Ann. sc. de l'Éc. norm. sup.*, 2e série, t. VIII, pp. 52-54.

solaires faites à Palerme, Rome, Moncalieri, Athènes, Madrid, Leipzig, Peckelöh et Washington donne 6,0 pour le *nombre relatif* moyen de l'année 1879 ; et elle assigne 1878,9 pour l'époque du minimum, ce qui correspond, à peu près, au 25 novembre 1878.

Le minimum précédent avait été fixé au 15 mars 1867. Onze ans et huit mois séparent donc ces deux minima. Cet intervalle dépasse la valeur moyenne qui est de onze ans un mois.

Le maximum intermédiaire a eu lieu vers le 5 août 1870. Il y a donc eu trois ans, quatre mois et vingt-quatre jours, du minimum au maximum, et huit ans, trois mois quinze jours, plus du double, du maximum au minimum suivant.

Les séries des variations en déclinaison magnétique de l'aiguille aimantée observées à Milan, Vienne, Prague, Munich et Christiania indiquent, pour l'époque du minimum, 1878, 5, c'est-à-dire le 6 juillet 1878, à peu près.

Le minimum précédent avait eu lieu vers le 20 octobre 1866, un peu avant celui des taches solaires; et le maximum intermédiaire tombe vers le 20 octobre 1870, très peu après celui des taches. Ces coïncidences remarquables sont, aux yeux de M. R. Wolf, autant de preuves nouvelles de la connexité de ces deux phénomènes : La fréquence des taches solaires et les variations de la déclinaison magnétique.

A partir du mois de novembre 1878 le nombre des taches, des facules et des protubérances a singulièrement augmenté. On en jugera par le tableau suivant qui résulte des observations de M Tacchini.

Les quatre nombres placés sur une même ligne horizontale indiquent les intensités relatives des phénomènes en regard desquels ils sont écrits, pendant chacun des quatre trimestres de 1879.

Nombre des taches :	1	2,5	,65	12,2
Grandeur des taches :	1	5	27	30
Grandeur des facules :	1	52	103	126
Nombre des protubérances :	1	2,4	3,1	4,6
Hauteur des protubérances :	1	1,7	1,9	2,1

La planète Jupiter.— Le soleil, la terre et Jupiter se trouvent échelonnés, dans cet ordre, sur une même ligne droite, tous les 399 jours : Jupiter est alors en *opposition* relativement au soleil. Les deux dernières oppositions ont eu lieu le 25 juillet 1877 et le 31 août 1879 ; la prochaine opposition aura lieu le 6 octobre 1880.

A ces dates, la planète passe au méridien à minuit. Le mois dans

lequel l'opposition arrive et les trois mois suivants sont donc une époque d'observation favorable.

Ce qui caractérise Jupiter ce n'est pas seulement son volume énorme et sa rotation rapide, ce sont encore les taches et les bandes qui sillonnent son globe, et dont la forme, l'éclat, la nuance, la largeur et l'étendue sont variables.

On a cru longtemps que Jupiter était une planète solide, comme Mars, comme la terre. Des mesures photométriques ont ébranlé cette conviction. La grande quantité de lumière que Jupiter nous envoie fait croire qu'il est lumineux par lui-même ; dès lors sa constitution physique se rapprocherait à certains égards de celle du soleil.

Nous n'avons aucune donnée certaine sur la nature et la cause des variations des taches et des bandes de Jupiter. Fontenelle et W. Herschel prenaient les bandes pour des nuages nageant dans une atmosphère agitée ; ils supposaient que des courants de vents alizés alignaient ces nuages et les emportaient avec eux. Ce qui ne paraît pas douteux, c'est que les taches de Jupiter ont un mouvement propre, analogue au mouvement propre des taches solaires : elles accusent une rotation d'autant plus rapide qu'elles sont plus équatoriales.

C'est un argument de plus en faveur de la similitude que nous signalions tantôt entre la constitution physique de Jupiter et celle du soleil. On pourrait peut-être aller plus loin.

M. Faye explique les taches du soleil par un effet mécanique dû à la différence de vitesse des tranches contiguës de l'atmosphère solaire. Sur Jupiter, grâce aux dimensions et à la rotation rapide de la planète, la différence de vitesse de deux tranches contiguës varie plus rapidement que sur le soleil ; toutes choses égales d'ailleurs, la naissance des tourbillons doit donc y être plus facile. De fait, les dessins des taches obscures arrondies offrent parfois des traces visibles d'une structure tourbillonnaire.

Quoi qu'il en soit, l'étude physique de Jupiter offre le plus grand intérêt. « Les changements incessants que présente cette planète, tant dans la disposition de ses bandes que dans leur coloration, ne pourront peut-être recevoir une explication satisfaisante que lorsqu'on aura pu rassembler un grand nombre d'observations et surtout de nombreux dessins, pris à différentes époques et dans les diverses positions de Jupiter sur son orbite. »

C'est la pensée qui a fait entreprendre à M. L. Niesten, de l'Observatoire royal de Bruxelles, une série d'*Observations sur l'aspect physique de Jupiter pendant l'opposition de 1878* (1). M. Niesten a exécuté lui-

(1) *Annales astron. de l'Obs. R. de Bruxelles*, t. III.

même sur la pierre lithographique les 48 dessins qui accompagnent son mémoire ; il a noté les différentes intensités de coloration et de lumière que présentait la planète. La position et la largeur des bandes sont exprimées en fonction du rayon apparent du disque ; et leur direction est donnée par rapport à la bande équatoriale du nord, qui a été la plus apparente. Les dessins sont rangés dans l'ordre croissant des longitudes du méridien central ; ils portent la date et l'heure de leur exécution, avec une note indiquant l'état de l'atmosphère au moment de l'observation.

On le voit, tout a été ordonné en vue de faciliter les comparaisons et la mise en commun des observations analogues qui ont pu être faites simultanément ou que l'on pourra faire à l'avenir.

La tache rouge de Jupiter. — Le mémoire de M. L. Niesten se termine par une série d'observations de la tache rouge de Jupiter ; il a continué ces observations pendant l'opposition de 1879 (1).

Cette tache oblongue et rougeâtre semble être à la fois « permanente et passagère, » comme le faisait déjà remarquer Maraldi. Elle ne se montre pas à chaque opposition : il y a donc lieu de penser qu'elle est accidentelle ; elle s'aplatit lorsqu'elle est près des bords et s'élargit quand elle arrive près du centre de la planète : on peut donc conjecturer qu'elle est superficielle sur Jupiter.

De plus il semblerait qu'elle reparaît tous les cinq ans environ ; en général, elle reste visible pendant deux oppositions successives. Cassini l'observa plusieurs fois en 1665, puis en 1672 où Mariotte la vit également. Elle fut revue en 1677 par Cassini et en 1708 par Maraldi. En 1857 et en 1858, le P. Secchi, Goldschmit, Murray, Lassell la signalent ; lord Rosse l'observe en 1873. Enfin, en 1878, elle se montre de nouveau, plus faible cependant, plus vague et moins colorée qu'en 1879, où elle fit tant parler d'elle. Les derniers observateurs ont été, aux États-Unis, MM. Pritchett et Trouvelot, en Angleterre M. Dennett, en Belgique M. L. Niesten. La description et les dessins de M Niesten sont remarquables.

Période de la rotation de Jupiter (2). — La netteté des contours et la vivacité des couleurs de la tache rouge en 1879 engagèrent M. H. Pratt à la faire servir à une détermination nouvelle de la période de rotation de Jupiter.

La durée de cette rotation a été souvent déterminée. Voici les princi-

(1) *Bullet. de la l'Acad. royale de Belg.* 2 série, t. XLVIII, n° 12; 1879.
(2) *Les Mondes*, t. LI, n° 19, p. 773.

paux résultats. Cassini I obtint, en 1665, 9 heures 56 minutes; en 1672, des observations faites à Paris, lui fournirent $9^h\ 55^m\ 51^s$. Il trouva encore, en 1677, $9^h\ 55^m\ 50^s$. Mais l'accord s'évanouit bientôt. De nouvelles recherches, faites en 1690, 1691 et 1692, lui donnèrent successivement $9^h\ 51^m$ et $9^h\ 50^m$. En 1713, Maraldi proposa $9^h\ 56^m$. Ce nombre fut retrouvé 60 ans plus tard par Jacques Sylvabelle. W. Herschel trouva $9^h\ 55^m\ 40^s$ en 1778, et $9^h\ 55^m\ 48^s$ en 1779; Schrœter, $9^h\ 56^m\ 56^s$ en 1785, $9^h\ 55^m\ 18^s$ en 1786 et $9^h\ 55^m\ 33^s$ en 1790; Airy, $9^h\ 55^m\ 24^s$ en 1834 et $9^h\ 55^m\ 21^s,3$ en 1835; Beer et Mädler, $9^h\ 55^m\ 29^s,9$ en 1835; Schmidt, $9^h\ 55^m\ 24^s,2$, en 1862; lord Rosse, en 1873, $9^h\ 54^m\ 55^s$; Flammarion, en 1874, $9^h\ 54^m\ 30^s$ pour la rotation de la planète à l'équateur, et $9^h\ 55^m\ 45^s$ vers 35° de latitude. Enfin, la période qui représente le mieux les observations de M. L. Niesten, en 1878 et 1879, sur la tache rouge, est une durée de $9^h\ 55^m\ 30^s$.

On le voit, l'accord entre tous ces résultats est aussi peu satisfaisant que celui des différentes déterminations de la période de rotation solaire. Il n'y a rien là qui doive nous surprendre si les taches de Jupiter ont, comme celles du soleil, un mouvement propre qui dépend de leur latitude, et si leurs parties mêmes se déplacent tellement que, d'après M. J. Schmidt, divers points d'une même tache « donnent des durées de rotation qui diffèrent de 50 secondes.

M. H. Pratt déduit de ses observations de 321 rotations de Jupiter $9^h\ 55^m\ 33^s,91$ en temps solaire moyen, l'erreur probable n'atteignant pas une seconde de temps. C'est à peu près le troisième résultat obtenu par Schrœter.

La permanence et l'intensité de la tache rouge qui a servi de point de repère, les soins minutieux que M. Pratt a apportés à ses observations, la méthode rigoureuse qu'il a suivie dans ses calculs, donnent tout lieu de croire que cette dernière détermination doit être bien près de la vérité.

Le buste du P. Secchi (1). — La municipalité de Rome a fait placer, pendant le mois de février dernier, sans cérémonie, sans démonstration aucune, un buste du P. Secchi sur la mire méridienne érigée par l'illustre astronome au Pincio.

Ce buste de proportions gigantesques est une œuvre d'art. Il remplace avantageusement celui que l'on voyait dans une des allées du Pincio, et qu'on a fait disparaître.

Le P. Secchi est représenté revêtu de l'habit de la Compagnie de Jésus; il regarde son observatoire enlevé aujourd'hui à ses élèves et à ses collègues.

J. Thirion, S. J.

(1) *La Voce della Verità*, mercoledi 18 febbraio 1880.

PHYSIQUE.

Théories d'Arago et de Montigny sur la scintillation des étoiles. — Le phénomène de la scintillation des étoiles est un de ceux dont l'observation est la plus vulgaire. Qui n'a vu dans la nuit sombre scintiller une étoile ? Qui ne l'a vue lancer ses rayons aux couleurs changeantes à travers le fond noir du ciel ? Mais si le phénomène est vulgaire, la théorie en est mystérieuse, et parmi le petit nombre de ceux qui l'ont étudiée les avis sont partagés. Deux chercheurs ont attaché leur nom à celui de la scintillation des étoiles : Arago et Montigny ; non pas qu'ils aient été les seuls à cultiver cette étude, mais Arago en a fait l'objet d'une de ces notices qui sont demeurées sans rivales, et M. Montigny semble y avoir consacré le travail de toute sa vie scientifique.

La notice d'Arago est connue, les travaux de M. Montigny ont eu, en ces derniers temps, un retentissement très mérité. Depuis longtemps je me proposais d'en rendre compte aux lecteurs de la *Revue des questions scientifiques ;* je le puis enfin aujourd'hui.

Le phénomène de la scintillation des étoiles offre deux aspects très distincts et d'une observation également aisée. L'astre présente dans ses dimensions apparentes et dans son éclat des variations brusques. Il offre en outre des variations brusques dans la coloration de sa lumière. Voilà les deux faits qu'il s'agit de déterminer tout d'abord en les rattachant à leur cause.

Arago les expose à peu près dans les mêmes termes :

« Pour une personne regardant le ciel à l'œil nu, la scintillation consiste en des changements d'éclat des étoiles très souvent renouvelés. Ces changements sont ordinairement, sont presque toujours acompagnés de variations de couleurs et de quelques effets secondaires, conséquences immédiates de toute augmentation ou diminution d'intensité, tels que des altérations considérables dans le diamètre apparent des astres ou dans les longueurs des rayons divergents, qui paraissent s'élancer de leur centre suivant diverses directions (1). »

M. Montigny attache plus d'importance à ces variations du diamètre apparent de l'astre, qu'Arago regarde ici comme secondaires (2), et c'est pourquoi nous avons mis les deux phénomènes sur le même pied.

Diverses théories — à vrai dire, de vraies ébauches de théorie —

(1) *De la scintillation.* Œuvres. Notices scientif. T. 4, p. 2.

(2) La cause de la scintillation. Acad. roy. de Brux. *Mémoires des savants étrangers.* T. 28, p. 26.

avaient été mises en avant pour expliquer ces phénomènes, quand Arago s'en occupa. Lui-même en expose et en réfute au delà de trente dans sa notice. Aristote avait donné la première, Ptolémée suivait avec Averrhoès, puis venaient des noms illustres, parmi lesquels Galilée, Képler, Scheiner, Newton, Cassini, Lalande, Young, Biot, etc. Avant de les réfuter, Arago remarque à leur décharge qu'il avait pu s'appuyer, lui, sur des observations récentes qui ne leur étaient pas, qui ne pouvaient pas leur être connues.

Pour Arago, la scintillation des étoiles n'est qu'un cas particulier de la scintillation que doit présenter tout objet lumineux d'un diamètre apparent insensible placé à une grande distance d'un observateur. Le P. Scheiner voyait scintiller très distinctement l'image du soleil réfléchie par la boule dorée qui supportait la croix, au sommet des tours de la cathédrale d'Ingolstadt; Arago le voyait aussi sur celle qui surmonte le dôme de l'Institut de France : ce sont là des phénomènes de même ordre que la scintillation des étoiles et, les uns comme les autres, découlent nécessairement du principe des interférences.

Tâchons d'expliquer cela.

Un physicien italien, le jésuite Grimaldi, observa le premier le phénomène des interférences, et l'énonça sous une forme qui dut sonner bien étrangement aux oreilles de ses contemporains : « En ajoutant de la lumière à de la lumière, il est possible de produire de l'obscurité. » «Lumen aliquando per sui communicationem reddit obscuriorem superficiem corporis aliunde ac prius illustratam (1). »

Si paradoxale que cette proposition puisse paraître, elle ressort comme une conséquence nécessaire de la nature et des lois de la propagation de la lumière. Une molécule éthérée devient lumineuse lorsque, sous l'action d'une force proportionnée, elle se met à vibrer, c'est-à-dire lorsqu'elle oscille de part et d'autre de sa position d'équilibre, avec une vitesse déterminée et précise. Un rayon lumineux n'est autre chose qu'une série de molécules ainsi ébranlées. Quand la molécule exécute 483 000 000 000 000 de vibrations par seconde, elle exerce sur notre œil une impression particulière que nous appelons la sensation du rouge : quand elle exécute 708 000 000 000 000 de vibrations par seconde, c'est la sensation du violet qu'elle produit en nous; toutes nos sensations de couleurs sont comprises entre ces deux vitesses extrêmes.

Ceci posé, on peut concevoir qu'une molécule éthérée soit sollicitée à vibrer, sous l'action de deux forces agissant concurremment sur elle.

(1) *Physico-mathesis*. De Lumine, prop. XXII. V. Verdet, E. Œuvres. T. 1, *Mémoires*, p. 323.

Si ces deux forces agissent dans le même sens, avec la même intensité l'une et l'autre, la vibration de la molécule sera plus énergique, plus large, plus ample, et la sensation lumineuse qu'elle produira sera plus intense.

Si ces deux forces agissent en sens contraire, l'action de l'une combattra l'action de l'autre, et si toutes deux, la sollicitant en sens inverse, la sollicitent aussi à chaque instant avec une intensité égale, sous le jeu de ces forces égales et contraires la molécule restera immobile, elle ne vibrera plus, la sensation lumineuse sera anéantie.

C'est le cas de l'interférence.

Or, pour amener deux rayons lumineux émanés d'une même source à solliciter ainsi en sens inverse une même molécule éthérée, il suffit de les faire arriver à la molécule en retard l'un sur l'autre d'un intervalle de temps déterminé pour chaque rayon donné. Les rayons tombant alors sur elle la laisseront immobile, la molécule rendue lumineuse par le premier, deviendra obscure dès que le second l'aura touchée et « en ajoutant de la lumière à de la lumière, on aura produit l'obscurité. »

On dit alors que ces deux rayons interfèrent.

En résumé donc, si deux rayons d'une même couleur, émanés d'une même source, tombent sur un même point, en retard l'un sur l'autre d'une quantité donnée variable avec la couleur du rayon, le point sur lequel ils tombent tous deux peut demeurer dans l'obscurité la plus complète.

Or, pour retarder un rayon, il suffit de lui faire parcourir un chemin plus long, en lui laissant sa vitesse de propagation normale, ou, sans toucher à son chemin, de ralentir sa vitesse.

Mais comment ralentir sa vitesse normale? En lui faisant traverser des milieux résistant plus ou moins à sa marche.

Et comment allonger son chemin? En lui faisant subir des réflexions convenablement ménagées. Les deux procédés ont cours dans les laboratoires, mais ce n'est pas le lieu de les exposer ici.

Poursuivons nos considérations, et appliquons à la lumière blanche, c'est-à-dire à des faisceaux lumineux contenant tous les rayons colorés élémentaires, les considérations que nous avons faites sur des rayons isolés et monochromes.

Imaginons deux faisceaux de lumière blanche, émanés tous deux d'une même source et tombant sur un même point. Si les deux faisceaux arrivent simultanément sur ce même point, ils en doublent l'intensité lumineuse.

Mais si l'un des deux faisceaux a subi un retard quelconque dans sa marche, les choses changeront. Imaginons que ce retard soit précisé-

ment celui qui détermine l'interférence des rayons violets : le point éclairé recevra tous les rayons élémentaires de la lumière blanche, sauf les rayons violets qui se seront détruits mutuellement lors de la rencontre.

Si le retard était celui pour lequel les rayons rouges interfèrent, la lumière tombée sur le point en question serait composée de tous les rayons de la lumière blanche, sauf les rayons rouges.

Et ainsi de suite, pour toutes les couleurs du spectre. Or, lorsque l'on enlève au spectre l'une quelconque des couleurs élémentaires qui le composent, le mélange des couleurs restantes ne forme plus de la lumière blanche, mais une lumière colorée, une lumière dont la couleur est la complémentaire de la couleur enlevée.

Elle sera bleu verdâtre, si c'est le rouge qui a été détruit dans le faisceau blanc ; jaune, si c'est le violet ; pourpre, si c'est le vert ; et ainsi de suite.

Il découle de là que deux faisceaux de lumière blanche, émanés d'un même point, peuvent illuminer le point sur lequel ils tombent, non pas de lumière blanche, mais d'une lumière colorée quelconque.

Il suffit pour cela que l'un de ces deux faisceaux traverse un milieu différent de celui que traverse l'autre, ou que l'un fournisse pour arriver au point un trajet plus long que ne fournit l'autre ; en un mot, que l'un des deux subisse un retard dans sa marche.

Et de la grandeur de ce retard dépendra la couleur résultante que tous deux, par leur superposition, fourniront au point qu'ils éclairent.

C'est là le principe des interférences sur lequel Arago fonde sa théorie de la scintillation des étoiles. Elle en rend fort aisément compte.

La distance à laquelle les étoiles sont établies nous permet de les considérer comme un simple point lumineux ; ce point lumineux rayonne en tout sens dans l'espace, mais une partie des faisceaux lumineux qu'il émet se dirige vers la terre. Pour arriver à nous, il leur faut traverser notre atmosphère, suivant une épaisseur qui varie avec la position de l'étoile au-dessus de l'horizon. Quand l'étoile est au zénith, cette épaisseur traversée est la moindre ; elle va en augmentant au fur et à mesure que l'étoile s'abaisse, pour atteindre son maximum quand l'étoile est à l'horizon.

Or l'atmosphère terrestre est essentiellement changeante dans sa composition, les vents l'agitent sans cesse, et l'on peut dire que sur la trajectoire rectiligne qu'il parcourt, un faisceau lumineux rencontre, à chaque pas, des milieux qui opposent à son passage une résistance sans cesse variable. Il est donc non seulement probable, mais il est certain que deux faisceaux lumineux, voyageant côte à côte, éprouveront des résistances, des retards qui varieront sans cesse de l'un à l'autre. Si ces deux rayons viennent ensuite tomber sur un même point de la rétine, ils y interfére-

ront à la manière que nous avons dit plus haut, et la sensation d'une lumière colorée remplacera, dans notre œil, la sensation de la lumière blanche que les faisceaux émanés de l'astre y auraient produite, s'ils n'avaient pas subi dans leur marche ces retards différents.

Mais ces rayons, cheminant côte à côte, suivant des trajectoires parallèles, se rencontreront-ils dans l'œil de l'observateur ?

Ils le doivent.

On observe parfaitement la scintillation des étoiles quand l'œil est armé d'une lunette ; on l'observe encore à l'œil nu.

Mais qu'est-ce donc qu'une lunette ? Au fond, ce n'est autre chose qu'une lentille de verre, munie d'un microscope à travers lequel on examine ce qui se passe en son foyer.

Or, une lentille a précisément pour effet de ramener en un même point — et ce point n'est autre que son foyer lui-même — les faisceaux lumineux qui la touchent de droite, de gauche, au centre, en tous les points de sa surface.

« Supposons, — je laisse parler Arago — supposons que les rayons qui tombent à gauche du centre de la lentille aient rencontré, depuis les limites supérieures de l'atmosphère, des couches qui, à cause de leur densité, de leur température, ou de leur état hygrométrique, étaient douées d'une réfringence différente de celle que possédaient les couches traversées par les rayons de droite ; il pourra arriver qu'à raison de cette différence de réfringence, les rayons rouges de droite détruisent en totalité les rayons rouges de gauche, et que le foyer passe du blanc, son état normal, au vert ; que l'instant d'après les rayons verts soient totalement anéantis, et que le foyer conséquemment devienne rouge.

» Dans l'hypothèse d'une destruction complète des rayons rouges, verts, etc... la couleur complémentaire verte, rouge, etc., dont brille le foyer est très vive. Mais, généralement, les rayons de la droite et de la gauche de la lentille, au lieu de s'anéantir en totalité par leur interférence, ne se détruisent qu'en partie.

» Dans ce cas, on aura encore coloration du foyer, mais elle sera moins intense et dépendra des mêmes causes.

» J'ai établi par des expériences directes, qu'il suffit que la destruction par interférence des rayons rouges, verts, etc., porte sur le vingtième du faisceau, pour que le foyer, où ce faisceau total se réunit, paraisse sensiblement coloré. Il doit donc suffire que les couches atmosphériques affectent convenablement et par intermittence, à raison de leur inégalité de réfringence, un vingtième des rayons qu'embrasse la surface d'une lentille, pour que le point focal acquière successivement différentes nuances prismatiques. Or, si l'on songe à la grande longueur du trajet qu'a parcouru la lumière, depuis les limites supérieures de

l'atmosphère jusqu'à la lentille, à la très petite différence comparative de réfringence qui suffit pour faire passer deux rayons de la période d'accord à celle de la destruction, à l'effet des vents amenant sans cesse, quelque modérés qu'ils soient, des couches atmosphériques nouvelles en face de la lentille, on ne s'étonnera pas qu'en observant Sirius, étoile assez basse dans nos latitudes, on ait noté jusqu'à trente changements de couleur par seconde. Il faudra plutôt chercher comment, dans certains climats, si tant est que ce fait soit réel, le foyer de la lentille reste invariable en intensité et en couleur (1). »

Le même phénomène s'observe à l'œil nu, et l'explication reste la même. L'œil, en effet, doit être assimilé à une lentille dont le foyer se forme sur la rétine.

« Il suffira — je laisse encore parler Arago — pour que l'image d'une étoile se colore en vert, par exemple, que dans le faisceau de lumière parallèle blanche qu'embrasse la surface de la pupille, un vingtième se trouve dans la condition de destruction des rayons rouges ; l'image deviendra rouge, au contraire, lorsque la destruction de lumière à la surface de la rétine portera sur les rayons verts, etc. Si enfin, par voie d'interférence, les rayons blancs arrivant à la pupille par la gauche deviennent rouges, et les rayons de droite deviennent verts, ces deux couleurs se neutraliseront et l'effet définitif sera un changement d'intensité (2). »

Telle est la théorie d'Arago. Ce fut sans nul doute l'une des plus intéressantes et des plus ingénieuses applications du principe des interférences. Avant elle, je le répète, le phénomène était sans explication sérieuse. On avait prétendu rattacher la scintillation des étoiles aux vacillations de l'œil, plongeant à de si grandes distances, — d'autres y voyaient des variations réelles dans l'éclat intrinsèque de l'étoile, — d'autres le simple jeu des courants aériens agitant des rayons de lumière, à la manière dont, aux champs, ils agitent les épis de blé. Et tout ce que l'on avait imaginé revenait à l'une de ces trois hypothèses. Or, d'après les deux premières, la scintillation devrait être indépendante et de la hauteur de l'étoile au-dessus de l'horizon et du degré d'agitation de l'atmosphère, ce qui est faux ; — d'après la troisième, l'image d'une étoile dans une lunette devrait se déplacer sans cesse ; ce qui est faux encore.

Arago proposait, en regard de ces doctrines insoutenables, une théorie sérieuse, fondée sur des expériences précises et manifestes, que rien ne prenait en défaut, et qui fort aisément rendait compte du phénomène.

(1) Arago. Op. cit., p. 43.
(2) Ibid., p. 44.

M. Ch. Montigny, dans un Mémoire présenté à l'Académie royale de Belgique (1), le 5 avril 1856, développa une théorie toute différente. La scintillation des étoiles n'est plus le résultat du retard de marche, subi dans l'atmosphère, par deux rayons que ce retard fait interférer, mais le résultat d'une réflexion totale que tel rayon éprouve en pénétrant dans une couche réfringente, sous l'angle limite propre à cette couche et à ce rayon.

Avant de pousser plus loin et d'entrer dans le détail de cette théorie nouvelle, marquons bien ses points de contact avec la théorie d'Arago.

Dans toutes deux, c'est l'atmosphère terrestre, traversée par les faisceaux lumineux émanés de l'étoile, qui exerce sur eux une action dont le résultat est de rendre l'étoile scintillante.

Dans toutes deux, cette action a pour effet de supprimer, dans le faisceau de lumière blanche qui atteint la lunette ou l'œil nu, un faisceau de rayons élémentaires.

Dans toutes deux, l'absence de ce faisceau élémentaire détermine la coloration apparente de l'étoile. Mais l'action même de l'atmosphère diffère de l'une à l'autre.

Dans la théorie d'Arago, l'action de l'atmosphère se réduit à retarder la marche du rayon; dans la théorie de M. Montigny, l'action de l'atmosphère détourne le rayon de sa trajectoire géométrique, et finit par le refléchir dans une direction telle qu'il lui devient impossible de pénétrer dans l'œil ou dans la lunette de l'observateur.

Tâchons encore d'expliquer ceci.

Quand un rayon lumineux, cheminant dans un milieu transparent donné, pénètre obliquement dans un second milieu, il éprouve au moment même où il y pénètre, une modification considérable dans sa marche; sa trajectoire primitive et sa trajectoire nouvelle ne sont plus en ligne droite; elles font entre elles un angle dont la valeur est constante pour un même rayon traversant les mêmes milieux. Si bien que le rayon semble brisé, au point même où il rencontre la surface de séparation des deux masses transparentes. Plus le rayon s'incline autour de ce point dans le premier milieu, plus il se relève dans le second, et il arrive un moment où il s'incline assez dans le premier, pour que sa direction dans le second, se confonde avec le plan qui les sépare l'un de l'autre. En ce moment l'angle d'inclinaison du rayon dans le premier milieu s'appelle l'*angle limite*. Si ce rayon s'incline davantage il ne

(1) *Mémoires des savants étrangers*, publiés par l'Académie royale de Belgique, t. 28, 1856. *La cause de la scintillation ne dériverait-elle point de phenomènes de réfraction et de dispersion par l'atmosphère?* par M Montigny, professeur à l'Athénée royal de Bruxelles.

pénètre plus dans le second milieu, il se réfléchit totalement sur la face de séparation des deux couches et remonte dans la première, à la façon d'un rayon de soleil qui a rencontré un miroir.

Le phénomène du mirage a été expliqué par Monge, en admettant que les rayons lumineux émanés d'un objet, éprouvent à leur passage à travers les couches atmosphériques inégalement échauffées, et par suite inégalement réfringentes, les réflexions totales que nous venons de décrire.

Il y a donc pour tout rayon lumineux, passant d'un milieu donné dans un autre milieu donné, un angle d'incidence limite. Tant que cet angle n'est pas atteint le rayon passe, mais il est plié, rompu, semble-t-il, et il fléchit sur lui-même. Quand cet angle est dépassé, le rayon est rejeté, il se refléchit et ne passe pas dans le milieu nouveau qu'il avait abordé.

Or, étant donnés deux milieux, la déviation qu'éprouve un rayon dans sa marche en passant de l'un à l'autre, varie avec la nature du rayon : le rayon bleu est dévié plus que le rouge, et ainsi de suite; chaque rayon subit une déviation qui lui est propre et qui le caractérise ; par suite chaque rayon aura son angle limite propre et distinct ; tel rayon sera réfléchi totalement, sous une incidence qui permettrait le passage à tous les autres. — Ce sont là des principes incontestés. Ce sont des faits.

Partons de là et examinons ce qui va se passer quand une étoile nous enverra, à travers toute l'épaisseur de l'atmosphère, ses faisceaux de lumière blanche.

Considérons un faisceau A de lumière blanche émané d'une étoile ; dans ce faisceau cheminent côte à côte et parallèlement les uns aux autres, tous les faisceaux élémentaires, rouges, oranges, jaunes, verts, bleus, violets, qui le composent.

Voici qu'ils abordent les premières couches de l'atmosphère, tous sont déviés en y pénétrant ; si la déviation de chacun était la même, le faisceau total serait dévié sans doute, mais dans la nouvelle trajectoire qu'il fournit, tous les rayons élémentaires seraient encore parallèles entre eux ; il n'en est pas ainsi ; chaque rayon élémentaire a sa déviation propre et personnelle, si je puis m'exprimer ainsi : elle est d'autant plus forte que le rayon est plus voisin du violet, en partant du rouge. Tous ces rayons, parallèles d'abord, chemineront désormais en divergeant.

Ils rencontrent de nouvelles couches aériennes, plus denses et plus réfringentes ; ils sont encore déviés en y pénétrant, et leur divergence se prononce davantage ; si bien que — le calcul est formel sur ce point — à 1000 mètres du sol, les rayons rouges et bleus, issus du même point

d'une étoile, établie à 8° du zénith, sont déjà séparés par un écart rectiligne de 0^m50 (1).

Tous les rayons élémentaires sont ainsi dispersés, jetés à distance ; la lumière blanche de l'étoile est décomposée en ses éléments et le faisceau, parallèle à l'origine, s'est transformé en une série de cônes, écartés l'un de l'autre et accentuant toujours, en avançant dans l'atmosphère, la distance qui les sépare.

Si la lumière de l'étoile se réduisait à ce seul faisceau lumineux A, elle apparaîtrait rouge, verte ou bleue, suivant que la lunette ou l'œil de l'observateur recevrait le cône rouge, le cône vert ou le cône bleu, et si aucun de ces cônes n'atteignait son œil ou sa lunette, l'étoile ne lui apparaîtrait point du tout.

Mais au foyer de la lunette ou de l'œil viennent se superposer le cône rouge du faisceau A, le cône orangé d'un faisceau voisin A', le cône vert d'un autre faisceau A'', ainsi de suite ; et leur superposition reconstitue généralement pour l'observateur la lumière blanche de l'étoile.

Toutefois, et c'est ici le point central de la théorie de M. Montigny, si l'un quelconque des cônes, qui doivent fournir à la lunette ou à l'œil les rayons élémentaires de la lumière blanche, a subi en route une réflexion totale, ce rayon manque au rendez-vous, la lumière résultant de la superposition des autres n'est plus de la lumière blanche, mais de la lumière colorée... l'étoile scintille.

On le voit, la théorie est fort simple, fort claire et fort nette.

Approfondissons-la quelque peu.

Nous avons dit qu'à 1000 mètres de l'observateur les rayons rouges et bleus d'un même faisceau primitif sont écartés de 0^m50. Ces deux rayons n'entrent donc, ni dans le même œil, ni dans la même lunette. En considérant le rayon rouge et le rayon bleu qui pénètrent dans la même lunette et qui par conséquent émanent, comme nous l'avons vu, de deux faisceaux différents, on trouve qu'à 2000, 3000, 4000, et 5000 mètres de l'observateur, ces rayons sont séparés par des distances de 1^m08, 1^m57, 2^m16, 2^m66. De telles distances sont plus grandes qu'il ne le faut pour concevoir qu'elles déterminent pour chaque rayon, dans sa traversée, des fortunes bien diverses.

Or, que faut-il pour que l'un d'entre eux subisse la réflexion totale ?

Qu'il rencontre sur son chemin une onde aérienne, une bouffée de vent, qui lui présente sous l'incidence que nous avons appelée l'angle limite, une masse atmosphérique de densité autre que les masses environnantes.

M. Montigny a calculé que «si un rayon lumineux incolore se présente

(1) Montigny *Mémoire*, p. 18.

sous un angle d'incidence plus grand que 89° 48′ 50″, à la face d'une onde dont la température est supérieure de 5° à celle de l'air ambiant, le rayon ne peut pénétrer dans l'onde, car il est réfléchi à la face d'incidence. La réflexion du rayon aurait également lieu par une onde plus froide de 5° que l'air ambiant, mais ce serait sur la face d'émergence que le rayon serait alors réfléchi, quand il s'y présenterait sous un angle égal à la grandeur citée. — N'est-il pas rationnel d'admettre que les trajectoires des rayons stellaires qui traversent toute l'épaisseur de l'atmosphère, agitée par des ondes multiples et de densités si diverses, soient des lieux d'interceptions subites dues à la cause citée?.... De cette manière l'œil doit percevoir les couleurs complémentaires successives des rayons interceptés, soit par le fait d'une même onde, soit, ce qui est plus probable, par celui de plusieurs ondes, au milieu de la multitude qu'ils rencontrent (1).

Entre ces deux théories rivales : la théorie d'Arago, attribuant la scintillation des étoiles à des phénomènes d'interférence, et la théorie de M Montigny, l'attribuant à des phénomènes de réflexion totale, s'il me fallait décider avec la certitude absolue que l'on aime à rencontrer dans les jugements scientifiques, je serais, je l'avoue, fort embarrassé. Mais l'on me permettra d'imiter ici un illustre maître, Verdet, le prince des physiciens modernes. Il les signale toutes deux sans prononcer définitivement entre elles.

La pierre de touche d'une théorie ce sont les faits et surtout le détail des faits. Il faudrait donc rapprocher des faits et du détail des faits chacune des deux théories, et choisir celle qui s'y adapte avec le plus d'aisance. C'est ce que nous allons tenter.

Le fait fondamental dans la question qui nous occupe, c'est d'abord la variation d'éclat des étoiles, puis la variation de leur couleur, enfin la variation de leur diamètre apparent.

La variation d'éclat d'abord. Les deux théories en rendent compte. Que deux faisceaux de lumière se détruisent par interférence dans l'œil de l'observateur ou qu'ils en soient écartés par réflexion totale, le résultat sera dans les deux cas le même. Ces faisceaux annulés ou écartés n'interviendront plus dans l'illumination subjective produite par l'étoile, et son éclat apparent sera diminué d'autant. Il s'accroîtra quand les deux faisceaux — dans la théorie d'Arago — superposeront, en accord de phase, leurs vibrations synchrones. Il s'accroîtra également — dans la théorie de Montigny — quand tous les faisceaux, ou le plus grand nombre des faisceaux, échapperont à la réflexion totale.

La variation des couleurs s'explique dans les deux théories avec une

(1) Montigny, *Mémoire*, p. 20.

facilité extrême : l'étoile prend la couleur résultant de tous les faisceaux qui n'ont point interféré ; comme elle prend celle de tous les faisceaux qui n'ont point subi la réflexion totale.

Arago — nous l'avons vu — passe assez légèrement sur la variation du diamètre apparent de l'astre. A coup sûr, les interférences ne peuvent intervenir ici pour expliquer le phénomène; mais elles ne s'opposent pas au jeu d'une cause parallèle qui l'expliquerait. « Les étoiles éprouvent souvent, dans les lunettes, dit Arago à ce sujet, un très petit déplacement vertical que les astronomes appellent une ondulation, et qui dépend évidemment d'une augmentation ou d'une diminution accidentelle dans la réfraction normale. Or, supposons qu'un rayon dont la réfraction a été troublée en plus, dans un certain point de l'atmosphère, éprouve plus tard, dans un autre point, une perturbation en moins qui compense la première ; ce rayon ira au foyer de la lunette rencontrer un rayon normal, un rayon qui n'aura subi aucun trouble dans sa marche, qui n'aura pas éprouvé, si l'expression m'est permise, le mouvement d'anguille d'où peut résulter une différence de route propre à produire une interférence positive ou négative. La même chose peut être dite des rayons qui ont été déviés latéralement, déviation à l'aide de laquelle on explique comment l'image d'une étoile s'étale, s'épanouit parfois, subitement et pour de très courts instants (1). » D'après Arago, ce n'est donc plus à l'interférence, mais aux conditions spéciales de réfraction que certains rayons ont rencontrées, qu'il faut attribuer la variation du diamètre apparent, l'épanouissement de l'astre.

Ici la théorie de M. Montigny prend un avantage incontestable. C'est bien à la même cause, à une variation dans la réfraction qu'il attribue le même phénomène, mais cette cause rentre en plein dans la cause générale et totale de la scintillation, telle qu'il l'entend, lui. Ce n'est plus une cause nouvelle s'ajoutant à la cause principale. C'est la même cause, déterminant à la fois les variations d'éclat, de couleur et de diamètre. « La théorie de la scintillation par effet de réflexion totale, dit-il avec infiniment de justesse, ne conduit-elle pas forcément à admettre qu'un déplacement plus ou moins étendu de l'image de l'étoile doit accompagner généralement les phénomènes de la scintillation (2). » En vérité cette conséquence est nécesssaire. Il y a donc plus de simplicité dans la théorie de M. Montigny et à ce point de vue elle devrait être préférée.

Arago, du reste, sentait si bien l'inconvénient qu'il y avait à devoir abandonner sur ce point les interférences, qu'il a, par moments, cédé à

(1) Arago. *Notice*, p. 45.
(2) Montigny. *Mémoire*, p. 26.

à la tentation de nier que la scintillation fût accompagnée d'une oscillation de l'image de l'étoile, déterminant une variation de son diamètre apparent (1).

Quant à ce que j'ai appelé le détail des faits, et ce qu'il vaudrait mieux appeler ici le détail des observations, il est bien malaisé de le préciser. La scintillation des étoiles n'a guère été observée, jusqu'à ces derniers temps, à l'aide d'appareils qui permissent d'en mesurer la valeur exacte. C'est l'œil, c'est l'impression subjective de l'observateur qui a servi de point de départ à presque toutes les appréciations ; il en est résulté dans les conclusions qu'on en a tirées, beaucoup de vague, souvent des manières de parler presque inintelligibles, parfois des contradictions formelles.

Voici ce que j'ai pu trouver de plus net :

Scheiner et la généralité des observateurs, dit Arago, remarquent que les étoiles scintillent d'autant plus, qu'elles sont plus près de l'horizon. C'est un premier trait, et assurément il est incontestable.

Gassendi, Scaliger, Bacon, Hooke, etc., admettent qu'une étoile scintille d'autant moins que sa grandeur est plus faible. Ce serait un second trait, mais il règne sur ce point beaucoup d'incertitude parmi les auteurs. Il serait aisé d'opposer aux noms que j'ai cités, d'autres noms qui les contredisent et en première ligne M. Montigny. « Aucune liaison remarquable, nous dit-il, ne s'accuse entre la fréquence de la scintillation et l'ordre de grandeur des étoiles. »

Par contre, tous sont unanimes à reconnaître avec Kepler, que la scintillation d'une étoile est d'autant plus intense que l'atmosphère est plus humide et plus agitée.

Pour sortir de cette indécision, de ce vague où sont restées les conditions du phénomène qui nous occupe, il fallait, comme le dit Arago, inventer un scintillomètre. Mais, quoi qu'il en soit, il est aisé de voir que les deux théories peuvent sortir victorieuses de l'épreuve à laquelle ces détails les soumettent.

Un plus long trajet que doit fournir, à travers l'atmosphère, le rayon émané d'une étoile voisine de l'horizon, multiplie pour lui les chances d'interférence et de réflexion totale ; il multiplie surtout les chances de réflexion totale, car, dans cette position de l'étoile, le rayon aborde l'atmosphère sous une incidence beaucoup plus inclinée.

Quant à l'humidité et à l'agitation de l'air, elles doivent incontestablement varier davantage la réfringence des couches multiples que le rayon traverse.

Il serait peut-être présomptueux d'espérer qu'une expérience ou une

(1) Voir notamment à la page 86, Théorie de Biot, et à la page 90, Théorie de Kaemtz.

observation catégorique viendra renverser l'une des deux théories en présence, pour laisser à l'autre la victoire exclusive. Le phénomène se passe dans des régions inaccessibles à nos expériences directes. Nous constatons un effet, nous savons que la variation des réfringences des couches atmosphériques en est la cause,... mais comment agit-elle?... Elle peut agir comme le veut Arago ; elle peut agir comme le veut M. Montigny ; il se peut même qu'elle agisse simultanément des deux manières.

Toutefois à l'avantage que nous avons signalé plus haut en faveur de la théorie de M. Montigny, il en faut ajouter un autre : elle n'est pas seulement plus simple, elle s'étend à un ensemble de faits beaucoup plus étendus ; elle n'embrasse pas seulement la scintillation des étoiles, mais encore tous les phénomènes de mirage, si fréquents, même dans nos contrées.

Quoi qu'il en soit, les faits bien observés sont le meilleur contrôle des théories, et il leur arrive souvent de nous révéler des secrets inattendus. Il fallait donc imaginer un scintillomètre.

Il le fallait, si l'on voulait donner aux observations de ce beau phénomène la précision et la rigueur que l'on exige de nos jours, dans les observations scientifiques.

Scintillomètres d'Arago et de Montigny. — Ici encore Arago et M. Montigny se rencontrent et rivalisent.

Arago propose trois scintillomètres. Le premier et le troisième sont des manières de se servir de nos lunettes astronomiques ordinaires et non pas des instruments nouveaux. Ils sont du reste très inférieurs au second et n'observent qu'un détail du phénomène.

Je décrirai le second. Mais auparavant, il est nécessaire que je signale une particularité physiologique de l'organe de la vue, qui intervient comme base dans la conception de l'appareil.

D'après des expériences de M. Plateau, de Gand, vérifiées par M. Montigny, la durée d'une impression visuelle est d'environ 0^s34. Une cause extérieure agissant sur l'œil et cessant soudain d'agir, laisse donc s'écouler encore 0^s34, avant que l'impression qu'elle a produite dans l'organe ne s'évanouisse.

Il suit de là que si deux rayons lumineux se succédaient, en un même point de la rétine, à un intervalle de temps moindre que 0^s34, l'impression produite par le deuxième s'ajouterait à l'impression produite par le premier et qui subsisterait encore.

L'observateur n'aurait pas la sensation distincte de ces deux rayons, mais une sensation composée résultant de leur superposition.

Plusieurs appareils de physique très ingénieux reposent sur ce fait.

Comment donc pourra-t-on observer des phénomènes lumineux, se succédant à des intervalles de temps moindres? Comment en fera-t-on l'analyse dans la sensation synthétique que leur superposition sur la rétine doit nécessairement déterminer?

Il n'existe qu'un moyen, un seul.

C'est de répartir ces impressions successives sur autant de points différentes de la rétine, évitant avant tout qu'en un même point deux impressions se succèdent à un intervalle moindre que la limite que nous avons donnée.

Nicholson avait le premier usé de ce subterfuge pour observer la scintillation des étoiles. Il imprimait à la lunette un mouvement vibratoire rapide, ce qui revenait à promener son foyer de droite à gauche et de gauche à droite pour chaque vibration. L'image de l'étoile devenait ainsi un ruban continu aux couleurs changeantes. Mais il fallait régulariser ce procédé.

Arago imagina donc de promener le foyer, sur la rétine, suivant une circonférence. L'image de l'étoile devient alors un anneau lumineux, et dans cet anneau chaque variation de couleur de l'astre dessine un arc coloré, dont l'ouverture est proportionnelle à la permanence de cette couleur dans le rayonnement.

Pour amener le foyer de la lunette à décrire cette trajectoire circulaire, Arago proposa d'établir un mécanisme qui imprime ce mouvement. ou à la lunette, ou simplement à l'oculaire de la lunette. « Lorsqu'on voudra régulariser ces mouvements, dans la vue de substituer des mesures à de simples aperçus, les constructeurs décideront si des déplacements réguliers et rapides de l'oculaire ne sont pas plus faciles à produire mécaniquement que des oscillations de la lunette (1). »

Il y revient encore plus tard. « C'est aux artistes, dit-il, à choisir le meilleur moyen d'assurer le mouvement angulaire de la lunette ou de l'oculaire (2). » Mais aussitôt il signale un dispositif beaucoup plus ingénieux. « S'il m'était permis d'émettre une opinion à ce sujet, ajoute-t-il, je proposerais de placer un peu en avant du foyer de la lunette, c'est-à-dire entre l'objectif et le foyer, un petit miroir plan incliné de 45 degrés, et qui rejetterait l'image de l'étoile latéralement sur un oculaire préparé *ad hoc*. C'est la disposition à laquelle on a recours toutes les fois qu'on veut observer, avec de petits instruments, des étoiles situées près du zénith.

» Un mouvement de rotation imprimé à ce miroir à l'aide de quelque rouage d'horlogerie conduirait au but. Au lieu d'un miroir on pourrait

(1) Arago, *Notice*, p. 19.
(2) Ibid., p. 56.

se servir d'un prisme rectangulaire de verre, sur l'hypoténuse duquel s'opérerait la réflexion totale.

» Afin que l'observation portât toujours sur la même étendue de l'image allongée de l'étoile, on bornerait l'étendue du champ à 2 minutes, avec deux plaques métalliques placées convenablement par rapport à l'oculaire. »

Tel est le scintillomètre d'Arago. Je crois qu'il eût été fort malaisé d'imprimer à la lunette entière les mouvements réguliers dont il est question ici. Mais il était facile de les imprimer à l'oculaire ; seulement, il sera toujours désagréable de porter l'œil contre un appareil en mouvement. Aussi la troisième forme me semble-t-elle préférable de loin aux deux premières. Elle n'est toutefois pas exempte d'inconvénients. L'introduction d'un miroir ou d'un prisme réflecteur affaiblit toujours considérablement la clarté d'un appareil d'optique ; or, dans les recherches actuelles, qui doivent s'étendre jusqu'aux étoiles du plus faible éclat, la clarté est une des premières conditions à remplir. De plus, la réflexion des faisceaux lumineux les rejette sur le côté de la lunette. L'observateur qui les reçoit tourne donc le flanc à l'étoile, au lieu de lui tourner le front, et comme il doit pouvoir sans cesse déplacer l'axe de sa lunette pour suivre l'astre, cette position oblique lui sera grandement défavorable.

M. Montigny nous semble avoir été plus heureux en imaginant le scintillomètre qui porte son nom.

M. Montigny a proposé également trois scintillomètres ; mais parmi les trois il en est un auquel il s'est définitivement arrêté. Le premier se compose d'une lunette astronomique ordinaire, entre l'objectif et l'oculaire de laquelle on a disposé une lentille concave ; cette lentille reçoit d'un rouage d'horlogerie un mouvement de rotation autour d'un axe excentrique. « L'interposition de ce nouveau milieu lenticulaire, dit M. Montigny, affaiblit d'une quantité imperceptible l'intensité de l'image (1). »

Toutefois, si léger que soit cet affaiblissement, M. Montigny voulut dans la suite l'éviter, et il proposa de faire tourner excentriquement la seconde lentille de l'oculaire lui-même (2). « Nous éviterons ainsi, dit-il, l'interposition d'un nouveau milieu lenticulaire plus ou moins absorbant, et dont le pouvoir convergent ou divergent troublerait la correction des aberrations de sphéricité et de réfrangibilité, qui est réalisée par l'emploi de deux lentilles dans les oculaires des lunettes astronomiques. »

(1) Montigny, *Mémoire*, p. 9.

(2) Description d'un nouveau scintillomètre par M. Montigny (Bruxelles, 1878), p. 4.

Le second scintillomètre de M. Montigny se compose d'un simple prisme réfringent placé au devant de l'objectif d'une lunette. « Si l'on dispose un prisme réfringent ordinaire de manière à projeter dans la direction d'une lunette le spectre d'une étoile scintillante qu'il produit, ce spectre notablement amplifié accuse d'une manière irréfragable les modifications que subissent les rayons de l'étoile, séparés les uns des autres par le prisme (1). »

Il est bien évident en effet, que le prisme ne pourra étaler que les rayons qu'il reçoit. Si donc les variations dans le rayonnement incident en font disparaître — par interférence ou par réflexion totale — tels et et tels rayons donnés, ces rayons devront manquer dans le spectre auquel le prisme donnera naissance.

C'est à l'aide de ce deuxième scintillomètre que M. Montigny a fait de très intéressantes recherches sur la scintillation de Sirius, que les Arabes appellent l'étoile aux mille couleurs.

Le troisième scintillomètre de M. Montigny, celui auquel il s'est arrêté définitivement dans ses longues recherches, se compose d'une lunette astronomique de 77 millimètres d'ouverture, supportant un grossissement de 85. Entre l'objectif et l'oculaire est montée une lame de verre à faces parallèles de 47 millimètres de diamètre et de 6,4 millimètres d'épaisseur ; elle est inclinée de 170 environ sur l'axe optique de la lunette. L'effet naturel de l'interposition de cette lame est aisé à prévoir. Dans toute lunette astronomique, le foyer des rayons lumineux se forme sur une droite qui passe à la fois par le centre de l'astre, le centre optique de l'objectif et le centre de l'œilleton, et c'est cette droite que l'on appelle l'axe optique de la lunette. L'interposition de cette lame déplace le foyer et l'écarte de l'axe optique d'une longueur qu'il est aisé de calculer. Supposons maintenant qu'un mécanisme d'horlogerie fasse tourner cette lame à faces parallèles, en la maintenant toujours inclinée d'un même angle sur l'axe, le foyer décrira autour de l'axe une circonférence, dont le rayon sera précisément l'écart que lui fait subir la réfraction de la lame interposée.

C'est ce que réalise l'appareil de M. Montigny. L'axe de rotation, de la lame est parallèle à l'axe optique de la lunette ; un fil élastique sans fin le met en rapport avec le mécanisme d'horlogerie, un pignon le relie à un compteur à aiguilles qui marquera sa vitesse de rotation.

Un frein qui commande le moteur permet de régler cette rotation et de lui donner une valeur telle qu'elle détermine exactement la production sur la rétine d'un cercle lumineux continu. Si sa vitesse était moindre, l'avantage du scintillomètre serait nul, car deux impressions succes-

(1) Montigny, *Mémoire*, p. 14.

sives se superposeraient sur un même point de la rétine : si elle était plus grande, le même inconvénient se manifesterait, car deux impressions distantes de tout le temps nécessaire à une rotation complète se succéderaient encore en un même point de la rétine ; la deuxième y arriverait avant que la première ne soit éteinte. Réglée au contraire comme nous venons de le dire, elle ne ramène le foyer en un même point de la rétine, qu'au moment où l'impression qui d'abord avait été produite vient de s'éteindre.

Ceci posé, mettons que l'appareil fonctionne en visant une source de lumière blanche. Si le rayonnement de cette source n'éprouve aucune modification avant de pénétrer dans la lunette, il se manifestera à l'œil sous l'apparence d'un anneau lumineux blanc, uniforme et d'intensité constante. Si dans l'intervalle d'une rotation ce rayonnement éprouve des décroissances d'intensité, chacune d'elles sera marquée dans l'anneau par un arc plus pâle, et d'autant plus étendu que la période de décroissance aura été plus longue. Si le rayonnement subit des variations de couleurs, l'anneau sera divisé en autant d'arcs qu'il se sera présenté de ces variations durant la rotation complète, et chacun de ces arcs aura la couleur que rayonnait la source, tandis que le foyer en parcourait l'étendue.

« Quand l'étoile ne scintille pas, dit M. Montigny, son image forme un trait continu présentant la teinte de l'étoile; mais si elle scintille, cette courbe se fractionne en arcs de vives couleurs, variant rapidement, et parmi lesquels brillent ordinairement le rouge, le jaune, le vert, le bleu, quelquefois le violet, selon les caractères de la scintillation (1). »

Il y avait là tous les éléments d'un procédé de mensuration exacte et précise : il suffisait, en effet, de compter le nombre de variations de couleurs que présente, en une seconde, une étoile donnée pour déterminer une valeur que l'on appellerait : l'intensité de la scintillation de l'étoile ; ce qui revenait à énumérer les arcs qui divisent la circonférence formée par son image.

Mais ceci même serait fort difficile, vu le grand nombre de ces arcs colorés. M. Montigny recourt à un intermédiaire qui simplifie le travail. Il arme l'oculaire de sa lunette d'un micromètre, qui découpe dans l'anneau tracé par l'étoile un huitième de sa circonférence. Il est plus facile de compter le nombre des arcs colorés qui partagent, en un temps donné, ce huitième de circonférence ; en le multipliant par huit on aura le nombre de ces arcs répandus sur la circonférence entière, durant le même temps. « Cette donnée et l'intervalle de temps nécessaire à l'accomplissement d'une révolution de la lame incli-

(1) *Description d'un nouveau scintillomètre*, p. 13.

née, intervalle que je déduis immédiatement, au moyen d'un chronomètre à seconde et à arrêt, du temps qui s'écoule pendant trente-neuf révolutions de la lame, me permettent de calculer exactement le nombre de variations de couleurs que l'image de l'étoile scintillante éprouve en une seconde (1). »

Il est bien clair que l'observation ne se réduit pas à ce chiffre abstrait, mais que l'on note également la coloration des arcs ou du moins la couleur qui y prédomine.

Il y a donc moyen de s'entendre désormais entre savants, et ainsi définie, l'intensité de la scintillation des étoiles revêt le caractère de précision indispensable à toute mesure scientifique.

Mais ici se présente une difficulté.

L'intensité de la scintillation dépend de la hauteur au-dessus de l'horizon : elle diminue à mesure que celle-ci augmente, et réciproquement, elle augmente quand celle-ci diminue.

Il faudrait donc convenir d'observer les étoiles toujours à même hauteur, ce qui n'est guère praticable — ou ramener à une hauteur constante, par le moyen de quelque formule, les résultats obtenus pour une hauteur quelconque. C'est naturellement ce dernier procédé qu'a adopté M. Montigny.

Il s'appuie sur une des lois trouvées par M. Dufour, après de longues observations.

Voici cette loi : « La scintillation est proportionnelle au produit que l'on obtient en multipliant l'épaisseur de la couche d'air que traverse le rayon lumineux émané de l'étoile, par la réfraction astronomique à la hauteur où l'on considère celle-ci (2). »

Il est aisé en partant de là de ramener la scintillation observée à ce qu'elle serait si on avait pu l'observer à une hauteur donnée.

M. Dufour et M. Montigny ont du reste construit des tables de réduction calculées à l'avance, de degré en degré de distance zénithale.

M. Montigny ramène toutes ses observations à la hauteur constante de 60° de distance zénithale.

Cette loi de M. Dufour déduite d'observations très multipliées (13000) mais toutes exécutées à l'œil nu, avait besoin d'une vérification. M. Montigny voulut l'entreprendre à l'aide de son scintillomètre.

Une même étoile était observée à des hauteurs diverses, et l'on notait chaque fois sa scintillation absolue. Puis, partant de chacune de ces valeurs, on la ramenait à 60° de hauteur zénithale.

(1) *Description d'un nouveau scintillomètre*, p. 14.

(2) Sur la scintillation des étoiles. Lettre à M. Quetelet. *Bull. de l'Ac. de Belgique*, 1re série, t. 23.

Les scintillations observées et les scintillations calculées concordaient assez pour démontrer l'exactitude de la loi.

Je citerai un exemple. Pollux est observé quatre fois le 17 janvier 1871, à des distances zénithales comprises entre 50° et 64° ; les intensités absolues trouvées à ces hauteurs diverses sont

65, 76, 80, 152

ramenées à 60° elles deviennent

116, 117, 115, 116 (1)

Il était donc possible désormais de procéder d'un pas assuré dans les recherches sur la scintillation des étoiles. M. Montigny s'y livra avec une ardeur et un zèle infatigables.

Recherches de M. Montigny sur la scintillation des étoiles. — Arago avait posé la question que voici : «La scintillation d'une étoile est-elle la même pour des observateurs diversement placés ? »

Kepler l'avait affirmé très catégoriquement. Arago en doutait et proposa l'expérience suivante : « On se servira, non pas d'une lunette ordinaire, mais d'un héliomètre, c'est-à-dire d'une lunette à objectif partagé par le milieu. On aura ainsi à volonté deux images distinctes d'une même étoile et vues simultanément : l'image que je suppose formée par les rayons qui tombent sur la moitié orientale de l'objectif, et l'image provenant des rayons qui tombent sur la moitié occidentale légèrement déplacé. Cela fait, on transformera les deux images en deux rubans lumineux par une légère vibration du tuyau de l'héliomètre. Je me hasarde à prédire que les deux images en ruban seront dissemblables, contrairement au résultat de Kepler, et, quoique dans cette expérience on ait soumis à l'épreuve comparative des rayons séparés originairement, non de plusieurs mètres, mais de quelques centimètres seulement (2). »

M. Montigny réalisa l'expériencee d'Arago.

« J'ai résolu la question dans le sens négatif, nous dit-il, conformément à la prévision d'Arago, en montrant que les deux cercles décrits séparément dans la lunette munie du scintillomètre, par les rayons émanés d'une étoile scintillante, mais réfractés dans des directions

(1) *Bulletin de l'Académie royale de Belgique*, 2e série, t. 38.
(2) Arago, *Notice*, p. 29.

différentes par les deux moitiés de l'objectif, ne sont pas identiques au même instant sous le rapport des couleurs (1). »

M. Dufour, professeur à Morges, en Suisse, avait présenté à l'Académie de Bruxelles le résultat de ses observations sur la scintillation des étoiles de première grandeur (2).

Il l'observait à l'œil nu et en marquait l'intensité suivant une échelle arbitraire : « Il est facile dès que l'on y est un peu habitué, dit-il, d'apprécier assez exactement si une étoile scintille plus ou moins qu'une autre étoile, et l'on peut indiquer cette scintillation par un chiffre, comme en météorologie on apprécie par un chiffre l'état du ciel ou la force du vent. Pour mon compte, j'ai désigné par 0 une scintillation nulle et par 10 les scintillations qui me paraissaient les plus fortes. De telles scintillations se rencontrent rarement, seulement quand les étoiles sont près de l'horizon, qu'elles paraissent scintiller, changer de couleur et parfois disparaître. Avec un peu d'habitude on parvient à distinguer encore des degrés entre les scintillations 0 et 1, 1 et 2. »

Il était arrivé ainsi à énoncer trois propositions remarquables :

1° Toutes choses égales d'ailleurs, les étoiles rouges scintillent moins que les blanches.

2° L'intensité de la scintillation est à peu près proportionnelle au produit obtenu en multipliant la réfraction par l'épaisseur de la couche d'air.

3° Outre le fait de l'influence des couleurs, il y a encore entre la scintillation des étoiles des différences essentielles qui paraissent provenir des étoiles elles-mêmes.

Les deux premières lois étaient affirmées, la troisième n'était que signalée par leur auteur. M. Montigny s'occupa d'abord de vérifier les deux premières.

La première s'adapte parfaitement à la théorie des réflexions totales. La lumière de l'astre, dispersée par son voyage à travers les couches atmosphériques s'étale et s'épanouit. Cet épanouissement la transforme en une série de cônes qui vont en divergeant sans cesse. Plus grand sera le nombre des rayons émanés de l'astre, plus grand sera le nombre de ces cônes et plus grande sera la surface suivant laquelle ils échelonneront leurs bases, à l'entrée de chaque couche aérienne. Or, c'est précisément cette surface, que traversent à chaque instant les ondes dont la réfringence détermine la réflexion totale. Un astre rayonnant la lumière blanche avec tous ses rayons élémentaires présentera donc aux chances de rencontre avec les ondes, une surface plus étendue que n'en présentera un astre ne rayonnant que la lumière rouge.

(1) Notice sur les variations d'intensité de la scintillation. *Bull. de l'Ac. roy. de Belg.* 2e série, t. 44. 1877.

(2) *Bulletin de l'Acad. roy. de Belgique*, 1re série, t. 23, 1re partie, p. 36 .

Par suite les étoiles blanches devront scintiller davantage.

La deuxième loi, nous l'avons dit plus haut, a été soumise par M. Montigny au contrôle de l'expérience ; elle s'y est trouvée conforme. Des considérations purement théoriques l'avaient conduit au même résultat (1).

Plus tard M. Montigny soumit à la même vérification la troisième loi de M. Dufour. Il voulut « étudier la scintillation des principales étoiles appartenant aux trois premiers types du P. Secchi » pour déterminer, dans le phénomène de leur scintillation, la part qui revenait en propre à leur lumière.

Le P. Secchi a divisé, on le sait, les étoiles suivant quatre types : la base de cette classification est empruntée à leur spectre.

Le premier type est celui des étoiles blanches.... Toutes ces étoiles offrent un spectre formé de l'ensemble ordinaire des sept couleurs, interrompu par quatre grandes raies noires.

Le deuxième type est celui des étoiles jaunes. Le spectre de ces étoiles est parfaitement semblable à celui de notre soleil, c'est-à-dire qu'il est formé de raies noires très fines, très serrées, très nombreuses.

Le troisième type est assez extraordinaire. Il est composé d'un double système de bandes nébuleuses et de raies noires ; dans quelques étoiles plus petites, on voit des groupes de raies brillantes séparés par des espaces obscurs (2).

Le quatrième type du P. Secchi est composé de petites étoiles rouges assez nombreuses ; mais comme M. Montigny ne les a pas étudiées, il est inutile de nous y arrêter.

Que l'on veuille se ressouvenir que ces quatre raies noires du premier type, ces raies si nombreuses et si fines du deuxième, ces bandes noires et les espaces obscurs du troisième, tiennent dans le spectre la place des rayons absorbés soit par l'atmosphère de l'étoile, soit par notre atmosphère. On verra que le P. Secchi les a rangées par ordre décroissant de richesse lumineuse.

D'après la théorie de M. Montigny leur scintillation devra suivre le même ordre et décroître du premier type au troisième.

Or, c'est précisément ce qu'a montré l'expérience.

Les scintillations moyennes des trois types sont dans les rapports des nombres 14, 11, 9.

Voici comment M. Montigny résume lui-même ses recherches sur ce point :

(1) Notice sur la scintill. des étoiles par Ch. Montigny, pp. 9 et 10. *Bull. de l'Ac. de Belgique*, 2e série, t. 25, 1868.

(2) Secchi. *Le Soleil.*

« 1° Les étoiles qui scintillent le plus appartiennent au premier type, ou celui à raies spectrales peu nombreuses ; tandis que les étoiles à faible scintillation sont généralement comprises dans le troisième groupe ou type à larges zones spectrales.

2° La moyenne 86 du premier type surpasse de beaucoup celle 56 du troisième. Quant à la moyenne 69 du deuxième groupe, elle est intermédiaire entre celles des deux autres types, quoiqu'elle soit un peu plus rapprochée de celle du troisième.

3° Si quelques étoiles de grandeurs peu différentes se rapprochent aussi par les intensités numériques de leur scintillation, particulièrement dans le premier type, aucune liaison remarquable ne s'accuse entre la fréquence du premier phénomène et l'ordre de grandeur des étoiles ; nous voyons même les deux derniers types présenter des grandeurs moyennes égales, quoique leurs scintillations diffèrent notablement. »

En résumé l'étoile est d'autant plus scintillante que sa lumière est plus riche, et que plus grand est le nombre des rayons élémentaires qui la composent et qui arrivent jusqu'à nous.

« Les étoiles dont les spectres sont caractérisés par des bandes obscures et des raies noires scintillent moins que les étoiles à raies spectrales fines et nombreuses, et beaucoup moins que celles dont les spectres ne présentent que quelques raies principales ». Certes il y a là un accord remarquable entre le fait et la théorie.

Arago, au chapitre XI de sa notice, cite un témoignage de Ussher, de la Société royale de Londres, suivant lequel « les aurores boréales rendent les étoiles singulièrement ondulantes dans les télescopes. »

Il y joint un témoignage de M. Necker de Saussure, suivant lequel « les étoiles ne scintillent pas en Écosse à moins qu'il n'y ait une aurore boréale visible. » Puis il ajoute lui-même : « Ce résultat, extrêmement singulier, mérite, à tous égards, de fixer l'attention des excellents observateurs dont l'Écosse fourmille (1). »

M. Montigny, en deux circonstances heureuses, put vérifier encore cette relation, à coup sûr inattendue, entre deux phénomènes si distants.

Le 5 avril 1870 et le 1er juin 1878 deux aurores boréales furent observées en Belgique : il se trouva que M. Montigny étudiait la scintillation des étoiles, les deux fois, le soir même où elles apparurent. Leur existence ne lui fut même connue que peu après, si bien que ses observations sont assurément exemptes de l'influence d'un jugement préconçu.

(1) Arago. *Notice*, p. 26.

Dans les deux cas la scintillation, le jour même de l'aurore, fut notablement supérieure à celle de la veille et supérieure aussi à celle du lendemain.

Quel pourrait bien être le lien qui rattache entre eux ces phénomènes? L'aurore boréale, un phénomène magnéto-électrique; la scintillation des étoiles, un phénomène purement optique.

M. Montigny, après avoir rappelé la belle expérience de Faraday, dans laquelle un fort courant électrique dévie le plan de polarisation de la lumière, se demande s'il n'y aurait pas entre la scintillation et l'aurore un rapport analogue, mais il rejette cette hypothèse et recourt à une explication plus simple. « Il est plus rationnel, nous dit-il, de chercher à entrevoir la raison de la relation entre la scintillation et les aurores polaires, dans des changements atmosphériques, dont ces aurores seraient souvent les précurseurs, d'après les opinions que je vais faire connaître. S'il en est ainsi, on concevra aisement que ces changements, en se préparant dans les régions supérieures de l'air, au moment même de l'apparition de l'aurore, modifient à cet instant, peut-être très rapidement, l'état de la température des différentes parties de ces régions. Par leur influence sur les phénomènes de réfraction produits dans l'air, ces changements affecteraient vivement la marche des rayons stellaires, au point d'exalter d'une manière très sensible les caractères les plus remarquables de la scintillation, au moment où l'aurore brille avec éclat pendant la nuit, ou lorsqu'elle répand, au milieu du jour, des lueurs distinctes. »

Suivent des témoignages concordants sur la coïncidence des aurores avec des troubles profonds de l'atmosphère.

Mais les recherches les plus longues et les plus intéressantes de M. Montigny ont porté sur les « variations d'intensité de la scintillation des étoiles, selon l'état de l'atmosphère » et particulièrement « aux approches et sous l'influence de la pluie. »

Plusieurs témoignages les avaient constatées. Arago en cite de très remarquables; celui de Kepler vient en première ligne : « Quand l'atmosphère est humide et agitée par des vents impétueux, dit-il, les astres ont une vive splendeur; ils paraissent grands et leur scintillation a plus d'intensité. » Scheiner observe le même fait presque dans les mêmes termes. Humboldt assure que dans les régions tropicales, l'arrivée de la saison des pluies est annoncée plusieurs jours à l'avance par la scintillation des étoiles. Biot remarque qu'aux approches de la pluie le tremblement des étoiles est si marqué qu'il devient un signal pour les matelots.

Enfin Kaemtz, dans son Traité de météorologie, observe que « la scintillation est très marquée quand des vents violents règnent dans l'atmosphère, et quand le ciel est alternativement serein et couvert. »

M. Montigny se proposa non seulement de vérifier ces témoignages, mais de les ramener à la précision scientifique. Le scintillomètre qu'il avait imaginé le lui permettait. C'est en 1870 qu'il commença ces recherches nouvelles; il les poursuit encore actuellement et, depuis la création du bulletin météorologique de l'Observatoire royal de Bruxelles, elles y sont publiées presque chaque jour.

Toutefois, dès 1876, M. Montigny en fit connaître les résultats les plus remarquables.

Les étoiles observées sont au nombre de 70, de 1e, 2e, 3e et 4e grandeurs; chaque soir l'observateur sonde l'atmosphère vers l'orient et vers l'occident. Pour chaque étoile il note la scintillation absolue ; de tous ces résultats il tire l'intensité moyenne du jour et la compare aux données météorologiques correspondantes.

L'aspect de l'étoile, dans le scintillomètre, présente d'après les conditions atmosphériques des caractères très différents. Ainsi : — je laisse parler M. Montigny, – « Quand l'atmosphère est calme et sereine, qu'il fasse chaud ou froid, le trait circulaire que décrit l'image est étroit, parfaitement régulier dans sa forme et nettement limité sur ses bords. Les variations de teintes rouge, orangée, jaune, verte, bleue ou violette s'étendent alors sur une circonférence parfaite; seulement les teintes sont plus vives et plus nombreuses quand il fait froid.

» Lorsque le temps se prépare à la pluie, ou lorsqu'elle est déjà survenue, le trait circulaire est plus épais et moins net sur les bords. Il présente souvent, espacées sur son contour, des ondulations plus ou moins marquées qui détruisent la régularité de la forme circulaire du trait décrit par l'image stellaire.

» Dans un temps plus troublé, les mêmes irrégularités sont encore plus accusées : les bords de la circonférence décrite par l'image stellaire sont alors plus ou moins frangés. On voit, en outre, des rayons lumineux s'élancer de cette circonférence suivant différentes directions.

» Enfin, quand l'atmosphère est profondément troublée par le passage ou même par l'approche d'une bourrasque, on remarque d'autres particularités encore plus caractéristiques. Les arcs colorés, alors très nombreux, sont eux-mêmes fractionnés, soit en nuances de même teinte, mais plus ou moins vives, soit par des rétrécissements partiels du trait circulaire frangé suivant son épaisseur, rétrécissements plus ou moins marqués qui sont espacés sur son contour. Alors celui-ci rappelle jusqu'à un certain point un cercle qui serait formé de perles disposées avec plus ou moins de régularité. »

Cette apparence est désignée dans les notes de M. Montigny, par l'expression de « trait perlé. »

Ce sont là les aspects généraux du phénomène, mais M. Montigny n'a pas tardé à en découvrir les lois précises.

Et d'abord l'intensité de la scintillation varie avec les saisons. Elle est minimum en été, maximum en hiver.

En toute saison, elle est notablement plus forte sous l'influence de la pluie que sous celle de la sécheresse.

Elle varie dans le même sens que les coefficients correspondants de la réfraction astronomique.

L'humidité relative de l'air est en rapport intime avec l'intensité de la scintillation, toutes deux variant dans le même sens.

Quand on range par ordre de grandeur les intensités de la scintillation, on trouve une coïncidence remarquable entre les scintillations et la pluie. Ainsi sur 35 observations de scintillations très fortes, 23 coïncident avec une chute de pluie le jour même, 21 avec une chute de pluie le lendemain, et 21 avec une chute de pluie le surlendemain. Tandis que sur 31 observations de scintillations très faibles il n'y a que 4 coïncidences de pluie le jour même, 7 le lendemain, 10 le surlendemain.

L'approche de la pluie affecte surtout la scintillation des étoiles ; il semble même que cette influence varie avec l'ordre de succession des jours de pluie ainsi que l'indique le tableau suivant :

SUCCESSION DES JOURS DE PLUIE.	Intensité moyenne de la scintillation.	Nombre d'observations.
Il pleut le jour de l'observation, le lendemain et le surlendemain	100	34
Il pleut le jour de l'observation et le lendemain. . .	80	15
Id. id. et le surlendemain. .	76	15
Id. id. seulement.	73	14
Id. le lendemain seulement	68	17
Id. le lendemain et le surlendemain	66	32
Id. le surlendemain seulement	63	32

C'est donc l'approche encore plus que la présence de la pluie que semble manifester toute augmentation notable dans l'intensité du phénomène.

Enfin, l'on pourrait trouver dans l'observation de la scintillation un moyen de suivre dans leur marche les bourrasques qui s'abattent sur nos contrées et dans leur voisinage.

Toute dépression, toute bourrasque qui aborde nos régions, augmente considérablement la scintillation des étoiles : elle l'augmente d'autant plus que le point où elle les aborde est plus voisin de l'observateur. Elle la conduit au maximum au moment même de son passage.

Aussitôt après, la scintillation diminue et si, après cette chute, elle se relève, c'est le signe qu'une nouvelle dépression nous menace.

Telles sont, en résumé, les recherches entreprises par M. Montigny et les résultats qu'il en a pu déduire. Leur importance théorique, le jour nouveau sous lequel elles font envisager un phénomène qui autrefois, comme le dit Arago, excitait à peine l'attention des astronomes, leur intérêt tout spécial au point de vue météorologique, le secours qu'elles apportent à la solution de ce grand problème que l'on a appelé la prévision du temps, tout explique l'attention qu'on leur a donnée et la réputation qu'elles ont faite à leur savant auteur, dans notre pays et dans l'Europe entière.

Téléphone Gower. — Les modifications du téléphone Bell ont été si nombreuses et parfois, il faut bien l'avouer, ont porté sur des détails si futiles, qu'il serait embarrassant et peut-être inutile de les récapituler toutes.

Il faut nous en tenir aux plus saillantes, à celles dont les résultats ont constitué un véritable progrès. Parmi ces dernières je crois pouvoir ranger en première ligne la disposition imaginée par M. Gower.

Le téléphone Gower a l'aspect extérieur d'une cylindre large et bas d'où émerge un tube long et flexible, terminé par un petit entonnoir de bois.

Le cylindre est fixé sur une table ou accroché à un mur, et le tube flexible permet de porter l'entonnoir soit à l'oreille, pour entendre, soit à la bouche, pour parler.

Si l'on ouvre l'enveloppe extérieure du cylindre, qui est toute de cuivre et protège les organes essentiels de l'appareil contre les chocs du dehors, voici comment on le trouve disposé.

Sur la base inférieure du cylindre est couché un fort aimaint plié en fer à cheval ; ses pôles entourés de bobines inductrices se relèvent à angle droit et se présentent ainsi en regard l'un de l'autre des deux côtés de l'axe du cylindre. Par dessus, à quelque distance des pôles est fixé le tympan du téléphone : c'est comme d'habitude une mince plaque de tôle, dont le diamètre atteint ici plus de 12 centimètres.

Les grandes dimensions du tympan et la puissance considérable du barreau magnétique permettent à l'appareil de rendre les sons avec beaucoup plus de force que ne le font les téléphones ordinaires.

L'expéditeur peut parler à voix modérée, à un ou deux pieds de l'entonnoir, et son langage n'en est pas moins nettement reproduit au récepteur. Il y a donc là un progrès réel.

Mais ce n'est point le seul. Le téléphone Gower est muni d'un avertisseur très ingénieux.

Au-dessus de la lame vibrante est fixée latéralement, dans un petit

cadre de laiton, une anche d'harmonium. Lorsqu'au lieu de parler à l'entonnoir, on y souffle, l'anche résonne et bat la membrane ; ses vibrations retentissantes sont aussitôt transmises. Toutefois elles ne se feraient pas entendre dans une salle assez étendue sans le secours d'un résonateur.

Aussi, dans les deux stations, a-t-on soin quand l'appareil est au repos, d'engager l'entonnoir dans un grand cône de zinc. L'un des deux postes veut-il ouvrir la conversation, il souffle dans l'appareil et l'anche vibre. Le son qu'elle transmet à l'autre station, agrandi par le cône, retentit parfaitement alors. Ainsi averti, le second poste souffle à son tour pour annoncer qu'il est prêt, et la conversation commence.

J'ai longuement expérimenté cet appareil et je crois pouvoir affirmer que c'est, pour le moment, ce que nous avons de mieux en fait de téléphone. Seulement, son prix assez élevé (200 francs pour un double poste) empêchera qu'il ne se vulgarise autant que le téléphone Bell et ses congénères.

La lampe d'Edison. — Il est bien un peu tard peut-être pour en parler de cette lampe qui a fait tant de bruit autour d'elle et dont il n'est déjà plus question que pour mémoire.

Il y a eu, dans la réputation qu'on lui a faite et dans les enthousiasmes qu'elle a soulevés, un exemple magnifique de l'extrême aisance avec laquelle l'opinion publique se laisse entraîner à la remorque du premier venu, criant haut et parlant fort.

La lampe d'Edison résolvait, disait-on, tous les postulata de l'éclairage électrique, et rien que sa naissance, assure-t-on, a fait baisser considérablement les actions des sociétés qui exploitent l'éclairage au gaz.

La lampe d'Edison, pas plus qu'aucune autre lampe, ne résoudra la question de l'éclairage électrique : la question n'est point là. Nous avons plus de lampes qu'il n'en faut et d'excellentes, — sans compter les bougies, qui valent mieux peut-être que toutes les lampes. La vraie question est dans la production de l'électricité, et elle ne sera résolue que lorsqu'un inventeur heureux aura trouvé moyen d'en fournir, à prix suffisamment réduit, un flot assez large pour alimenter des villes entières.

Mais, même en la ramenant à ces proportions déjà bien réduites, la lampe d'Edison n'était point neuve. — Ce qu'il y a de caractéristique dans son appareil se ramène à ceci :

Remplacer le charbon de cornue par un disque de carton carbonisé.

Éclairer par incandescence.

Déterminer l'incandescence dans le vide.

L'éclairage par incandescence du conducteur n'était certes pas neuf :

il datait du jour où un courant électrique avait rougi un fil de platine. M. Edison lui-même l'avait utilisé dans un premier dispositif où il employait comme conducteur un fil d'iridium.

M. Jablochkoff lui-même, avant d'avoir imaginé la bougie qui porte son nom, avait construit une lampe électrique où la lumière naissait de l'incandescence d'une baguette de kaolin d'une épaisseur de deux millimètres sur un centimètre de largeur. Ces petites baguettes, insérées entre les deux conducteurs d'une bobine d'induction, répandent une lumière très stable, très brillante et beaucoup plus douce que la lumière des charbons.

Pas plus neuve n'était l'idée de déterminer l'incandescence dans le vide. MM. Lodygine et Kosloff dès 1874, pour empêcher la combustion des charbons dont ils déterminaient l'incandescence, avaient imaginé de les maintenir dans des récipients purgés d'air. Leur appareil eut d'abord un succès très retentissant ; malheureusement les charbons, très minces, se rompaient facilement, et c'était tout un travail de les remplacer.

MM. Könn, Bouliguine et Fontaine ont imaginé, à la suite de M. Lodygine, des appareils à incandescence dans le vide.

Il n'y a donc, en vérité, rien de bien neuf dans la lampe d'Edison, si ce n'est l'idée d'employer, au lieu du charbon des cornues, le charbon végétal obtenu par la combustion du papier.

On sait que pour le produire il découpe à l'emporte-pièce, dans du papier bristol, de petites bandes en fer à cheval de $0^{m}05$ de longueur sur $0^{m}0035$ de largeur, et qu'il les carbonise dans un moule de fer chauffé à 500° ou à 600°.

Dès l'origine, cette lampe fameuse souleva les défiances des savants ; c'est dans le monde extrascientifique qu'elle a conquis sa gloire passagère. A l'Académie, M. Du Moncel se montrait fort sceptique à son endroit. M. Boulard, dans un article de la *Revue scientifique*, faisait de très prudentes réserves. « Pour obtenir les résultats si bruyamment annoncés, écrivait-il, il faut supposer que M. Edison a trouvé un meilleur mode d'emploi de l'électricité ; on peut croire qu'il obtient l'incandescence par une succession très rapide de courants alternatifs de grande tension, analogues aux courants d'induction de la bobine Ruhmkorff, mais réglés de façon à éviter l'excès d'élévation de la température et la volatilisation du conducteur ; il pourrait ainsi assurer sa durée et empêcher, sur la paroi intérieure de la cloche, le dépôt qui s'y forme rapidement, quand on emploie dans le vide l'incandescence produite par des courants très intenses. »

Il s'est trouvé qu'Edison lui-même, après quelques jours, dut reconnaître l'insuffisance de son système. Pour éviter ces enthousiasmes

faciles suivis de ces désillusionnements risibles, il serait bon de ne pas oublier, que du moment où une découverte scientifique quitte les régions pures de la science pour entrer dans le domaine de l'application industrielle, elle y rencontre un monde très mélangé où des charlatans se faufilent.

Dans la question de l'éclairage électrique en particulier, on ne saurait trop le redire, l'important n'est pas de découvrir la lampe : il en existe plus qu'il n'en faut. L'important est d'abord de produire à bas prix le courant qui les alimente. Or, cette question-là n'est ni résolue, ni près de l'être. Il y a dans nos nouvelles machines dynamo-électriques un incontestable progrès dans ce sens, mais nous sommes encore bien loin du but. A l'heure actuelle dans tous les cas où la question d'argent prime — dans l'éclairage domestique par exemple, — ce serait une impardonnable prodigalité de recourir à l'éclairage électrique.

Mais, alors même que la production de l'électricité deviendrait vénale, une nouvelle question se présenterait et ce ne serait pas la moindre. On n'emmagasine pas l'électricité comme un gaz, dans une cloche en tôle de fer ou de cuivre : il faut à chaque instant proportionner l'intensité des courants à la variation perpétuelle de la consommation. Toute l'électricité fournie en surcroît s'évanouit en pure perte... et qui la paiera?

Mettons, suivant un exemple de M. Boulard, qu'une machine de 120 chevaux, actionnant un générateur du système Gramme, alimente 1000 becs électriques livrés à la consommation privée. Tant que les mille becs brûleront ensemble tout sera à merveille. Mais on peut en éteindre, on peut même les éteindre tous, sauf un ; la production devra pouvoir donc varier de 1000 à 1 : c'est-à-dire que la force de la machine devra passer de 120 chevaux à 1/2 cheval vapeur. Lors même que cette marche variable pourrait être obtenue, le prix moyen de la force motrice serait bien au-dessus des chiffres avancés jusqu'ici.

Aréomètre de M. Buignet pour la densité des corps solides. — M. Buignet propose, pour mesurer rapidement la densité d'un échantillon, une modification de l'appareil Nicholson.

A partir du point d'affleurement jusqu'au plateau supérieur, la tige de l'appareil prend un diamètre assez considérable, la poussée que détermine son immersion dans le liquide, fera équilibre au poids du corps posé sur le plateau. Le procédé est dès lors fort simple. L'appareil à vide flotte dans l'eau en plongeant jusqu'au point d'affleurement.

On met le corps que l'on étudie dans le plateau : l'appareil fonctionne à la manière d'un aréomètre ordinaire, plonge jusqu'à une division donnée de la tige grossie et donne ainsi le poids P du corps dans l'air.

On pose alors le corps dans la coupelle inférieure. L'appareil affleure à une division nouvelle qui donne le poids P′ de l'échantillon pesé dans l'eau.

On a ainsi la densité du corps.

Densimètre de M. E. Pâquet pour les solides. — M. Pâquet propose une disposition analogue.

Son densimètre est formé d'un renflement lesté en poire et surmonté d'une longue tige graduée. La tige elle-même est surmontée d'une petite éprouvette graduée également.

L'éprouvette contient 3 cc. d'eau et l'appareil affleure au bas de la tige, au 0. Ces 3 cc. d'eau constituent donc la charge de départ. Il affleure au sommet de la tige quand l'éprouvette contient un poids d'eau maximum à déterminer d'après l'usage que l'on veut faire de l'appareil ; c'est d'ordinaire 6 grammes.

On divise l'intervalle en 60 parties égales, si bien qu'une immersion de 1 degré répondra à une surcharge de 0 gr. 1.

L'éprouvette, de son côté, est divisée en volumes égaux, le trait 0 correspondant au niveau de 3 cc. dont nous avons parlé.

Ceci posé l'appareil étant mis en état, on introduit l'échantillon que l'on étudie dans l'éprouvette.

D'une part on voit le niveau du liquide s'élever dans l'éprouvette jusqu'à une division qui marque le volume de l'échantillon V.

D'autre part l'aréomètre plonge et affleure à une division de la tige qui marque le poids de l'échantillon ; on a donc ainsi directement $\frac{P}{V}$ ou la densité du corps.

La nouvelle pile de M. A. Niaudet. — Cette pile est fort simple : un cylindre de zinc, plongeant dans de l'eau contenant 24 pour 100 de chlorure de sodium, et dans un vase poreux un cylindre de charbon plongeant dans de l'eau contenant la même proportion de chlorure de chaux. Le zinc attaqué par l'eau salée donne naissance à de l'hydrogène qui se porte sur le charbon ; cet hydrogène, au contact de l'acide hypochloreux, le décompose ; il se forme de l'eau et de l'acide chlorhydrique qui, en présence de la chaux, forme du chlorure de calcium.

On voit que l'hypochlorite de chaux dépolarise l'électrode de charbon en absorbant l'hydrogène.

Les deux liquides sont sans action sur le zinc tant que le circuit n'est pas fermé. La force électromotrice de la pile Niaudet atteint 1 volt. 6 à l'origine, mais au bout d'un certain temps elle tombe à 1 volt. 5. — Cette variation s'explique aisément, comme le dit M. Jamin. « La dépo-

larisation produite par le chlorure de chaux n'est pas complète, comme dans la pile au sulfate de cuivre; si l'on fait passer le courant d'une manière continue avec une résistance extérieure faible, la force électromotrice diminue, comme il arrive à presque toutes les piles. Mais cette force reprend sa valeur première en peu de temps, comme nous l'avons vu dans l'expérience suivante : le courant d'un élément a été fermé pendant 40 minutes, sur une résistance extérieure de 1 Ohm ; la force électromotrice, originairement égale à 139, est descendue à 113, mais un repos de 40 minutes l'a ramenée à 129, et au bout de deux heures elle était à 138 (1).»

Recherches de MM. Macé et Nicati sur le daltonisme. — Les recherches sur le daltonisme sont, de nos jours, en grande faveur. L'année dernière, M. le Dr Mœller en a entretenu les membres de la Société scientifique et les lecteurs de la Revue.

MM. Macé et Nicati ont pris une voie différente de celle où s'engagent d'habitude les chercheurs.

Ces messieurs, au lieu de déterminer le nombre et la nature des couleurs que le daltonien distingue, ont essayé d'obtenir « des mesures comparatives entre les quantités de lumière perçues dans les différentes parties du spectre, par le daltonien d'une part et l'œil normal d'autre part.»

A cet effet, sur une règle graduée tendue de velours noir, ils projettent un spectre d'environ 50 centimètres.

Le spectre est couvert par une bande de carton blanc dans lequel est découpé un dessin quelconque, une lettre de l'alphabet, par exemple, et l'on peut amener cette découpure sur toutes les régions du spectre.

Pour chacune d'elles on observe la distance d à laquelle la découpure devient distincte pour l'œil malade et la distance D à laquelle elle le devient pour l'œil normal. Il est évident, d'après ceci, que les seuls daltoniens propres à ces expériences sont ceux dont les yeux ont, d'ailleurs, la réfraction et l'acuité normale. Le rapport $\frac{d}{D}$ donne la mesure cherchée. En dressant la courbe des valeurs $\frac{d}{D}$ pour un même œil malade, dans les diverses régions du spectre, on trouve qu'elle se rapporte toujours à l'un des trois types suivants :

Minimum de la courbe dans le rouge ;

Minimum de la courbe dans le vert ;

Minimum de la courbe dans le violet.

Il y a donc trois types de daltoniens, ce qui coïncide parfaitement avec la théorie Young-Helmholtz sur les couleurs.

VICTOR VAN TRICHT, S. J.

(1) *Comptes rendus de l'Acad. des sc.* Oct. 79.

HYGIÈNE.

Conditions que doit réunir une école au point de vue de l'hygiène (1).— Appelé à donner ses conseils au sujet de la construction d'une école, le Dr Wintrebert les a résumés dans une brochure que nous avons lue avec grand intérêt. Ils ont rapport à tous les points de l'hygiène scolaire, et nous les trouvons suffisamment motivés pour servir de guide à tous ceux que la chose concerne.

Le terrain était désigné, et il s'agissait d'y construire dans les prix ordinaires quatre classes pouvant contenir chacune 50 élèves. L'étude du Dr Wintrebert comprend trois points principaux : L'emplacement de l'école, sa distribution et ses dimensions, enfin l'ameublement.

1° *Emplacement*. Pour le déterminer il faut, en général, tenir l'école à l'écart des bruits d'une rue fréquentée. Cette condition était remplie déjà par la situation du terrain, puisque, entouré de trois côtés par des cours et des jardins, il était séparé de la rue la plus voisine par une parcelle de terre assez large et destinée à de nouvelles constructions. Une longue avenue reliait seule l'école à cette rue.

Un second point qui doit déterminer le choix de l'emplacement est celui de la nature du sol. Il faut autant que possible que le terrain ne soit pas argileux, à moins qu'une déclivité suffisante n'assure l'écoulement des eaux. Sinon l'humidité qui en résulterait pourrait être pernicieuse aux enfants, aussi bien pendant leurs heures de classe que pendant celles des récréations (2). Si le terrain argileux était imposé il faudrait, pour en combattre les inconvénients, l'assécher par le drainage ou en relever le niveau par des matériaux de démolition, des scories, du sable.

L'orientation des classes interviendra encore pour fixer leur emplacement. De quel côté doivent-elles recevoir la lumière du jour ? Les avis sont partagés. Les partisans de l'éclairage unilatéral, pour que cet éclairage soit constant, indépendant des rayons du soleil, le prennent du côté du nord. Mais on leur objecte avec raison qu'un pareil éclairage est insuffisant et qu'il favorise le développement de la myopie, les attitudes vicieuses, l'étiolement des enfants, sans compter que la façade nord de la classe, qui ne reçoit jamais de soleil, peut facilement engendrer l'humidité. Aussi convient-il d'adopter l'éclairage bilatéral, non pas celui

(1) Consultation hygiénique à propos de la construction et de l'ameublement d'une école primaire à Lille. *Journal des sciences médicales de Lille ;* mai 1880.

(2) Les affections rhumatismales, celles des voies respiratoires, les ophtalmies, l'anémie.... pourraient être la conséquence de l'humidité du sol ou de l'intérieur du bâtiment.

qui permet l'arrivée d'un jour presque égal des deux côtés, mais l'éclairage bilatéral différentiel. Dans l'éclairage bilatéral ordinaire les rayons lumineux, venant s'entrecroiser devant les yeux de l'enfant, peuvent le forcer à prendre des attitudes vicieuses, s'il veut fuir un jour trop vif ou un jour trop faible, et le fatiguent très vite. Dans l'éclairage bilatéral différentiel, un jour prédominant vient toujours du même côté. On arrive facilement à ce résultat en plaçant aux fenêtres du côté opposé un verre mat, plus ou moins opaque ou en adossant à cette fenêtre un préau couvert, comme M. Wintrebert l'a fait pour son école. L'orientation qui paraît le mieux s'accorder avec les lois de l'hygiène, est celle qui expose respectivement à l'est et à l'ouest les baies d'éclairage de chaque façade.

Enfin une dernière condition relative à l'emplacement est celle de l'éloignement des bâtiments voisins. Il faut entre l'école et ceux-ci une distance égale au moins au double de leur hauteur, pour être en dehors de l'ombre qu'ils peuvent projeter.

2° *Construction*. Ce sujet comprend plusieurs points que nous allons successivement examiner :

a) Distribution. M. Wintrebert a quatre classes à construire. Il les place sur une même ligne allant du nord au sud suivant le sens de leur longueur. Un large vestibule servira d'entrée commune. De chaque côté il y aura deux classes, et les élèves traverseront la première pour entrer dans la seconde.

Cette disposition, M. Wintrebert le reconnaît, peut présenter des inconvénients. Un élève des classes extrêmes est-il obligé de sortir pendant les heures d'étude, il ne le pourra sans troubler l'ordre de la classe voisine ; aussi convient-il de ménager une issue particulière à chaque classe et donnant sur la cour. Si la grandeur du terrain s'y prêtait, et il ne faudrait pour cela qu'un mètre ou deux en plus, nous préférerions établir deux vestibules au lieu d'un. Deux portes s'ouvriraient sur chaque vestibule et chaque classe aurait ainsi son entrée indépendante. Nous pensons que la discipline n'aurait rien à y perdre. Et nous pourrions, à l'entrée de chacun d'eux, comme M. Wintrebert le fait pour son unique vestibule, disposer de même de petits vestiaires.

b) Dimensions. Chaque classe doit contenir 50 élèves, et l'on admet que pour chaque élève un cube d'environ 7 mètres est suffisant. La disposition qui a été adoptée permet de donner à chaque classe une longueur de 9 mètres. Si on leur alloue, comme les dimensions du terrain le permettent, une largeur de huit mètres et une hauteur de 5 mètres, chaque élève jouira d'un cube de plus de 7 mètres, et l'école sera conforme aux lois de l'hygiène.

c) Constitution du parquet. Le plancher est préférable aux carreaux

de quelque nature qu'ils soient. Il est moins favorable à l'humidité et, si l'on a soin d'employer un bois de sapin, on n'aura point à craindre de le voir se crevasser.

Les interstices du plancher, par les poussières et les moisissures qu'elles abritent, peuvent contribuer à vicier l'atmosphère de la classe, et il sera bon de chercher à les éviter. D'ailleurs il est facile, comme le dit M. Wintrebert, d'imperméabiliser un plancher. Il suffit pour cela d'y verser deux ou trois couches d'huile de lin bouillante. Pour l'entretenir alors dans un état suffisant de propreté, on passera à sa surface un linge mouillé et un linge sec.

d) Éclairage. C'est avec raison, avons-nous dit, qu'on fait choix de l'éclairage bilatéral différentiel. Il est utile d'ajouter que la lumière prédominante doit venir de gauche par rapport aux élèves, sinon l'ombre que projette la plume ne leur permettrait point de distinguer nettement les caractères qu'ils viennent de tracer. Mais il est essentiel que la hauteur des fenêtres soit proportionnée à la largeur de la salle, si l'on veut que l'éclairage soit suffisant. Et dans le cas d'un éclairage unilatéral on admet que le linteau des fenêtres doit s'élever au-dessus du sol à une hauteur qui équivaut aux deux tiers de la largeur des places y compris l'épaisseur du mur. Cette largeur étant ici de 8 mètres, le linteau devrait se trouver à 5 mètres 50 au-dessus du sol. Mais nous avons adopté l'éclairage bilatéral, et certainement la limite supérieure des fenêtres est suffisamment élevée quand elle est à 5 mètres du sol, comme c'est le cas ici.

Quant à l'appui des fenêtres, il doit être à une hauteur telle que les rayons lumineux, qui viennent en raser l'arête en formant avec elle un angle de 45°, arrivent à l'extrémité la plus rapprochée des tables voisines. Dans le cas présent, les tables ayant une hauteur de 70 centimètres et se trouvant à 80 centimètres du mur, l'appui des fenêtres se trouvera à 1 mètre 50 au-dessus du sol.

M. Wintrebert a percé chaque façade d'éclairage de 3 baies larges de 2 mètres et séparées par des murs pleins, d'un mètre de largeur. Dans ces conditions la lumière ne sera pas marchandée aux élèves. D'après le système qu'il a adopté, la baie du milieu de l'une des façades a été convertie en porte vitrée.

e) Ventilation. Elle sera pratiquée plus ou moins largement selon les heures de cours et les heures de récréation. Le tiers supérieur des fenêtres formera une imposte dont la partie moyenne sera convertie en vasistas à soufflet. De cette façon, pendant les heures de classe, l'air appelé de l'extérieur sera réfléchi d'abord vers le plafond, sans exposer les élèves au refroidissement. Pendant les heures de récréation l'une des parties de la fenêtre proprement dite pourra, en se repliant sur une autre, assurer une plus large ventilation.

f) Éclairage artificiel. Malgré la préférence qu'il faudrait accorder au point de vue de l'hygiène à l'huile de colza épurée, M. Wintrebert se prononce en faveur de l'éclairage au gaz. L'huile végétale si elle donne une lumière douce, sans grande production de chaleur, n'en est pas moins malpropre et coûte cher. Les huiles minérales sont dangereuses. Le gaz est donc d'un emploi plus pratique. Il développe, il est vrai, beaucoup de chaleur, mais cet inconvénient sera compensé par le jeu des vasistas à soufflet.

Pour rendre les rayons lumineux moins fatigants et leur donner une direction analogue à celle de la lumière solaire, on disposera les becs (deux rangées de 3) à la gauche des bancs, et des réflecteurs dirigeront les rayons de gauche à droite.

On place généralement 1 bec de gaz par 10 mètres carrés. Les classes ayant 70 mètres environ, on posera le septième bec au-dessus du pupitre du maitre.

g) Chauffage et ventilation. L'auteur recommande les poêles-calorifères Geneste dont il donne la description. Ils paraissent préférables, en effet, aux calorifères à air chaud et aux poêles ordinaires en tôle ou en fonte qui chauffent surtout par rayonnement et qui peuvent vicier l'atmosphère, non seulement quand le tirage est insuffisant, mais quand leur température est assez élevée pour brûler les matières organiques de l'air qui sont à leur contact. La disposition des poêles Geneste semble écarter ces inconvenients. Ils répandent dans la classe un air qu'ils ont chauffé après l'avoir pris pur à l'extérieur. La chaleur sera plus uniforme, si on les pose au milieu de la classe.

Mais il ne suffit pas de chauffer une place, il faut pouvoir en chasser l'air vicié. On peut à cet effet pratiquer des orifices au plafond ; mais il est à craindre que l'air chaud ne les traverse avant d'avoir élevé la température de la classe. Il vaut donc mieux établir l'orifice de sortie au bas des murs, ou mieux dans le plancher, et le mettre en rapport avec une cheminée dont le tirage sera assuré, par un foyer en hiver, par un ou plusieurs becs de gaz placés en été à l'intérieur de cette cheminée.

h) Préau couvert etc... M Wintrebert ne s'est pas seulement occupé de l'intérieur de l'école ; il s'est intéressé, je dirai presque avec un luxe de soins, au préau couvert qu'il a adossé à la façade, et au préau découvert dont il a relevé le niveau pour l'assécher et lui donner une pente suffisante.

Enfin il a disposé les cabinets d'aisance au voisinage du préau couvert, et de telle sorte que de leur pupitre les maîtres puissent surveiller leurs élèves. Le système adopté est celui de l'école Monge (1)... De même

(1) Cylindre en fonte, surmonté d'une couronne de bois assez étroite pour

que les cabinets d'aisance, les urinoirs ne laisseront rien à désirer au point de vue de l'hygiène.

3° *Ameublement.* — Les enfants qui fréquentent l'école peuvent être atteints de deux affections dépendantes surtout de la nature du mobilier. Je veux parler de la myopie et des déviations de la colonne vertébrale.

Les causes qui engendrent la myopie sont : un éclairage insuffisant qui force l'élève à trop rapprocher les objets de ses yeux ; la petitesse des caractères des livres, et les attitudes vicieuses qui peuvent agir dans le même sens. L'énoncé même de ces causes suffit pour indiquer les moyens d'y porter remède.

Les déviations de la colonne vertébrale peuvent dépendre elles-mêmes d'un éclairage insuffisant et de la petitesse des caractères. Laissant son livre en place, l'élève peut se pencher dans diverses attitudes pour y mieux voir. Mais les déviations se rattachent surtout à un vice dans la construction du mobilier. La raison en est assez facile à comprendre pour que nous nous croyons dispensés d'entrer dans les détails à ce sujet. Qu'il suffise de dire que le mobilier doit être proportionné à la taille des élèves, et qu'à ce propos ceux-ci peuvent être rangés en cinq catégories. La première comprend les tailles de 1 mètre et moins à 1 mètre 10 ; la deuxième de 1 mètre 10 à 1 mètre 20 ; la troisième de 1 mètre 20 à 1 mètre 35 ; la quatrième de 1 mètre 35 à 1 mètre 50 ; le cinquième de 1 mètre 50 à 1 mètre 60. D'après ces dimensions, on construira le mobilier en consultant le tableau que M. Wintrebert emprunte à M. Cardot.

N'oublions pas de dire que la table doit avoir une inclinaison de 15 à 20 degrés, pour que les rayons visuels forment avec elle un angle à peu près droit.

Enfin, comme les dimensions indiquées exigent que le banc s'avance sous la table, il sera bon d'adopter le système Cardot à tablette susceptible de déplacement, pour permettre à l'élève de se tenir debout quand la discipline l'exige.

Désinfection par le chlore et l'acide sulfureux (1). — Quand on veut désinfecter l'atmosphère d'une place, détruire les germes contagieux qui s'attachent à ses parois ou aux objets qu'elle renferme, on recourt d'ordinaire au chlore et à l'acide sulfureux. Mais il convient

empêcher les élèves de monter dessus. La ventilation y est soigneusement entretenue par des tuyaux communiquant avec une cheminée dont le tirage est assuré par un foyer ou des becs de gaz.

(1) *Journal de pharmacie et de chimie.*

désormais de ne pas accorder toute sa confiance au premier de ces agents. Voici en effet les expériences du Dr Mehlhausen. Ayant introduit dans une salle : un cochon d'Inde, des mouches enfermées dans une enveloppe de gaze, des insectes, des larves, des annélides, de l'eau contenant des infusoires, il y dégagea du chlore en faisant agir l'acide chlorhydrique sur le chlorure de chaux. Après 9 heures tous les animaux, sauf les infusoires, étaient vivants.

Dans une autre expérience, voulant obtenir un dégagement plus complet de chlore, il fit réagir l'acide sulfurique sur le chlorure de sodium en présence du bioxyde de manganèse. Au bout de 20 heures, c'est-à-dire après mise en liberté de tout le chlore, les animaux n'étaient pas encore détruits.

Enfin l'action de l'acide chlorhydrique sur le bichromate de potasse donna lieu à une expérience plus concluante. Tous les animaux furent tués, mais aussi les meubles, les étoffes, les métaux furent détériorés, sans compter que le bichromate de potasse est d'un prix relativement élevé. Si l'on songe en outre qu'il est presque nécessaire d'abandonner une maison tandis qu'on désinfecte l'une de ses places par le chlore, on ne devra pas hésiter à préférer à ce gaz l'acide sufureux. La préparation est des plus simples. Il suffit de brûler du soufre dans la place que l'on doit désinfecter, dans la proportion de 20 grammes par mètre cube. Au bout de 7 heures le résultat est complet, en même temps qu'il est exempt de tous les reproches que l'on peut faire au chlore.

L'oxyde de carbone contenu dan la fumée du tabac peut-il etre dangereux ? (1) — On a soumis des animaux à l'action directe et exclusive des vapeurs qui provenaient d'un tabac en ignition. Ils ne tardaient pas à succomber, et l'analyse de leur sang révélait la présence d'une petite quantité d'oxyde de carbone. Mais, hâtons-nous de le dire, ces expériences ne peuvent servir de base à nos recherches. Les gaz que respiraient ces animaux étaient presque dépourvus d'oxygène, et ils contenaient de la nicotine et d'autres principes aussi toxiques qu'elle. D'ailleurs les fumeurs ne peuvent jamais se trouver dans pareille atmosphère, et c'est en nous plaçant dans leurs conditions que nous pourrons le mieux étudier les effets qu'ils doivent éprouver. Mais il est nécessaire de connaitre au préalable quelle est la quantité d'oxyde de carbone capable d'engendrer des accidents, tout en restant insuffisante pour produire la mort.

(1) Voy. *La France médicale*, 1880, nos 46, 47 et 49. Recherches expérimentales sur l'influence de l'oxyde de carbone contenu dans la fumée du tabac, par le Dr G. Le Bon.

Cette question n'étant pas encore résolue par la physiologie, le Dr Le Bon voulut la déterminer par l'expérience suivante. Il se plaça dans une de ces cuisines étroites que l'on trouve si souvent à Paris, et y fit allumer deux fourneaux en communication avec une cheminée dont le tirage était insuffisant. Il y resta jusqu'à ce que, se sentant pris d'un violent mal de tête, il commençât à éprouver des nausées. Il emprunta bien vite alors 25 litres d'air à cette atmosphère qui devenait irrespirable, et trouva qu'elle ne contenait que 325 centimètres d'oxyde de carbone par mètre cube, ce qui équivaut à 1/3000. L'acide carbonique y figurait pour 12/3000, c'est-à-dire environ 4 litres par mètre cube, proportion tout à fait insuffisante pour occasionner le moindre accident. On sait en effet qu'il doit s'élever à 10 litres par mètre cube pour produire quelque gêne, et à 100 litres pour rendre l'air irrespirable.

Une atmosphère au 1/3000 d'oxyde de carbone peut donc être considérée, à défaut d'autres expériences, comme point de départ d'un air dangereux pour la respiration. On sait que la combustion de 10 grammes de tabac donne lieu à une production d'environ 700 à 800 centimètres cubes d'oxyde de carbone. Il reste à voir si, dans les conditions ordinaires, cette proportion suffit pour amener l'air au titre de 1/3000. Le Dr Le Bon choisit pour type de fumoir une petite chambre d'étudiant d'une contenance de 30 mètres cubes. Pour être au 1/3000 cette atmosphère devrait contenir 10 litres d'oxyde de carbone. Si 10 grammes de tabac produisent 800 centimètres cubes, il faudra en brûler 125 grammes environ pour avoir les 10 litres d'oxyde de carbone, ce qui équivaut d'après M. Le Bon à la combustion de 50 pipes ou de 250 cigarettes ou de 25 cigares.

Encore cette quantité de tabac doit-elle être accrue, pour tenir compte du renouvellement de l'air; car il est bien évident qu'il serait impossible, si bon fumeur que l'on fût, d'avoir fait une telle consommation de tabac dans une si petite place sans que l'air extérieur eût eu l'occasion d'y pénétrer. D'ailleurs longtemps avant d'être toxique par l'oxyde de carbone, l'air serait devenu irrespirable par l'épaisseur de la fumée qui y serait suspendue.

Le Dr Le Bon a voulu se placer dans des conditions d'espace plus limitées encore, il a choisi une voiture étroite, un coupé où il s'est enfermé avec un de ses confrères. Les portes et les fenêtres étant fermées, mais n'empêchant pas complètement la circulation de l'air, ils ont attendu d'être gênés dans une atmosphère si étroite avant d'y recueillir 25 litres d'air. Cet air contenait à peine 100 centimètres cubes d'oxyde de carbone par mètre cube, quantité insuffisante pour produire le moindre danger. Se fussent-ils placés dans un espace hermétiquement clos, que l'atmosphère elle-même et non l'oxyde de carbone les eût forcés

de donner libre accès à l'air. Nous pouvons donc conclure avec le Dr Le Bon que, si la fumée du tabac peut être dangereuse dans certaines conditions et grâce à quelques principes, ce n'est pas à coup sûr par l'oxyde de carbone.

Dr A. Dumont.

GÉOGRAPHIE.

Europe. — Les sources de naphte et de pétrole de Bakou, sur la mer Caspienne sont très riches et connues depuis des siècles; ce que l'on sait moins, c'est que l'huile minérale abonde partout dans le Caucase depuis la mer Caspienne jusqu'au delà de l'Elbrouz. Le commerce du pétrole commence à prendre une certaine importance dans ce pays; il serait bien vite décuplé si l'on pouvait se procurer, non pas des capitaux et des bras pour l'exploiter, mais des tonneaux pour le conserver et l'expédier. Bakou est un des centres les plus exploités, les millions de fûts qui en proviennent descendent la mer Caspienne pour remonter le Volga. Mais les sources ne sont pas moins nombreuses ni moins riches sur le versant de la mer Noire. Une compagnie de capitalistes français vient de se fonder pour exploiter cette région, et a pris pour directeur un américain fort expert en cette matière. Elle a déjà creusé deux puits dans la vallée de la rivière de Kouban, qui se jette dans la mer Noire, et elle a installé en même temps une raffinerie de pétrole à Taban, près du détroit de Kertsch.

— L'application de la vapeur a pris un grand développement dans les Pays-Bas. Voici la statistique du nombre des chaudières employées dans les fabriques et autres établissements semblables, en dehors des chaudières des locomotives.

Au 1er janvier	1876	4 355
	1877	4 691
	1878	5 075
	1879	5 369
	1880	5 738

Asie. — La construction d'un chemin de fer de Tiflis à Batoum vient d'être décrétée. On a écarté le projet qui faisait passer la ligne sur les

bords de la mer Noire, et l'on s'est décidé pour la direction de Samtret. La longueur totale de la ligne sera de 135 verstes (144 kilom.) Cette ligne est d'une grande importance pour la communication entre Poti et Batoum souvent rendue impossible par les tempêtes qui sévissent dans cette partie de la mer Noire. — On procèdera ensuite à la construction d'un quai à Batoum de manière à donner aux navires toutes les facilités pour charger et décharger les marchandises dans ce port, qui ne manquera pas de devenir très important.

— Nous avons déjà dit qu'une société japonaise de géographie s'était formée à Tôkio, sous la présidence du prince impérial Kita Shirakawa, oncle de l'empereur. A l'arrivée de Nordenskiöld, en septembre 1879, cette société s'est jointe aux sociétés savantes allemandes, anglaises et américaines, pour fêter le hardi navigateur.

Au banquet qui lui fut offert, le prince-président lui porta un toast en langue allemande, et le vice-président l'amiral Enomoto salua en anglais l'union des sociétés savantes qui celébraient la découverte du passage du nord-est, formant le vœu qu'elles continuent à réunir leurs efforts pour l'avancement de la science (1).

Amérique. — Dans une des dernières séances de la Société de numismatique et d'antiquités de Philadelphie, le Dr Brinton a fait une intéressante communication sur les mines de mica de la Caroline du nord, exploitées autrefois par les populations primitives du pays.

Le Dr Brinton a soumis à l'examen de la Société divers spécimens des outils dont les Indiens se servaient pour l'exploitation de ces mines, et il a fait connaître en outre l'usage qu'ils faisaient du mica. Cette substance devait être en haute estime parmi eux comme ornement, et avoir aussi une signification mystérieuse dans les rites de leur religion. Dans les tumulus de l'Ohio, on a découvert le mica en très grandes quantités, dans les proportions quelquefois de cinq à sept hectolitres pour un seul tumulus, et il faut remarquer que ce minéral ne se trouve pas naturellement dans ce pays. Il a dû être apporté de loin et probablement des mines de la Caroline du Nord.

Les plaques de mica servaient à recouvrir les ossements après qu'ils avaient été incinérés par le feu. On en faisait aussi une sorte de dallage autour de l'autel des sacrifices ; enfin elles servaient à orner les sépultures.

Quand le mica devait servir d'ornement, on le découpait, avec beaucoup de précision et une extrême netteté, en ovale circulaire ou en

(1) *Zeitschrift für wissenschaftliche Geographie.*

losange. Tous ces objets sont percés d'un trou de manière à pouvoir être réunis en chapelet. Dans le remarquable tumulus de Grave Creek (Virginie occidentale) on a trouvé cent pièces de ce genre en un seul endroit, toutes de la même dimension, avec un trou à l'une des extrémités. Évidemment elles étaient destinées à être réunies par un cordon et à former un collier ou une ceinture ; elles n'ont que l'épaisseur d'une feuille de papier.

Quelquefois, comme dans un tumulus de Circleville (Ohio), on trouve de grandes plaques de près d'un mètre de long sur 40 à 50 centimètres de large et d'une quarantaine de millimètres d'épaisseur. Elles paraissent avoir servi de miroirs, d'après quelques antiquaires.

Il résulte à l'évidence de ces détails que le mica devait faire l'objet d'un commerce considérable dans les temps anciens, et que les Indiens qui exploitaient les mines de la Caroline du Nord faisaient preuve d'une véritable habilité, surtout si l'on considère la nature toute primitive de leurs outils. Lorsqu'ils avaient extrait de leurs mines plus de mica qu'ils n'en pouvaient transporter, ils le cachaient dans des puits ; dans un de ces puits on en a trouvé de quoi charger plusieurs chariots, le tout empaqueté avec le plus grand soin et recouvert de terre.

Australie. — Nous empruntons à l'*Australian Handbook... for* 1880, les détails suivants sur les chemins de fer de ce pays nouveau, très riche et trop peu connu (1).

On sait que le continent Australien, qui égale presque en étendue notre vieille Europe, est divisé en cinq colonies : Nouvelle-Galles du Sud, Victoria, Queensland, Australie du Sud et Australie-Occidentale. Elles ont chacune une administration séparée et sont entièrement indépendantes l'une de l'autre.

Le premier railway de la Nouvelle-Galles du Sud et de toute l'Australie, est celui de Sydney à Parramatta : il a une longueur de 14 milles (22 1/2 kilomètres). Projeté dès 1846, il ne fut commencé que quatre années après, en juillet 1850 : on l'inaugura le 26 septembre 1856.

Le 1er janvier 1879, 688 1/2 milles (1108 kil.) de chemins de fer étaient en activité ; six mois plus tard (30 juin 1879) il y en a 711 milles (1144 k.) ; de plus 256 3/4 milles (413 k.) étaient en construction et 678 (1091 k.) en projet. — A la fin de l'année courante (1880) Sydney et Melbourne, 572 milles (920 k.), soit la distance de Bruxelles à Vienne,

(1) Quand la date n'est pas indiquée, les renseignements se rapportent au 1er janvier 1879.

seront reliés par une route ferrée : il n'y a plus à achever que la ligne entre Wagga Wagga, où le Murrumbidgee devient navigable, et Albury sur le Murray, 82 milles (132 kil.).

Le Queensland, démembré de la Nouvelle-Galles du Sud en décembre 1859, possède aujourd'hui (1er janvier 1879) 435 milles (700 kil.) de chemin de fer en activité et 194 1/2 milles (313 kil.) en construction. — On se propose de mettre la colonie directement en rapport avec l'Europe au moyen d'un railway à travers le continent et allant de Blackall, au centre du Queensland, à Port Darwin, point septentrional du télégraphe transcontinental. M. Gresley Lukin, éditeur et propriétaire du journal le *Queenslander*, a organisé à ses frais, une expédition chargée d'examiner la contrée à traverser, qui n'avait pas encore été explorée. Le terrain a été trouvé sur plusieurs centaines de milles couvert d'herbes abondantes, parfaitement arrosé et tout à fait favorable au projet ; aussi est-il probable que bientôt les fonds seront souscrits, et l'autorisation accordée, de sorte que l'on pourra sous peu mettre la main à l'œuvre.

L'Australie du Sud avait à la même date 456 milles (734 kil.) de chemins de fer en activité, et 296 m. (476 kil.) autorisés ou en construction. Le projet de relier par une route ferrée à travers le continent Port Augusta, sur le golfe de Spencer, à Port Darwin y avait été proposé et favorablement accueilli, mais aucune décision n'a été prise jusqu'à présent. On compte que ce travail exigera quatorze ans.

L'Australie-Occidentale fut occupée en 1829. Bien que la plus grande des colonies australiennes et la plus rapprochée de l'Europe, elle a beaucoup moins prospéré que les autres. Les chemins de fer y sont peu nombreux : il n'y a que celui de Freemantle à Guilford par Perth, 20 milles (32 kil.) qui vient d'être achevé et livré à la circulation, et celui qui va de Giralton, sur la baie de Champion, aux mines de Northampton, 31 milles (50 kil.) En outre on a converti dernièrement en railroad le tramway qui reliait les mines de Yarrah au port de Rockingham, 27 milles (43 k.)

La terre de Van Diemen appelée, depuis 1855, Tasmanie, d'après le nom du navigateur hollandais qui l'a découverte, n'a que trois chemins de fer. L'un traverse l'île du nord au sud, de Launceston à Hobart Town, 133 milles (214 k.). Le railway occidental se détache de cette route à Evandale, 11 3/4 milles (19 kil.) de Launceston, et va aboutir à Deloraine à 33 1/4 milles (53 1/2 k.) de là. Une société s'est constituée, il y a une dizaine d'années pour prolonger cette ligne jusqu'à l'embouchure du Mersey ; mais ayant commencé avec un capital insuffisant, elle n'a pu venir à bout de son entreprise ; 18 m. (29 kil.) seulement ont pu être achevés, et il en reste encore 10 (16 kil.) à construire.

L. D.

NOTES.

Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences de Paris, Tome xc ; janvier à juin 1880.

N° 1. **H. Sainte-Claire Deville** : Si l'on prend un tube de platine fondu, qu'on le remplisse d'hydrogène, qu'on le maintienne à une température constante, supérieure à 1000 degrés, et qu'au moyen d'une enveloppe en porcelaine on entretienne autour de sa surface extérieure un courant d'azote, l'hydrogène quitte l'intérieur du tube métallique et le vide s'y produit à quelques millimètres près. Réciproquement, si c'est l'azote qui est à l'intérieur du tube, le courant extérieur étant un courant d'hydrogène, celui-ci pénètre au travers de la paroi métallique, l'azote n'en sort pas en quantité notable, et la pression de l'azote et de l'hydrogène mélangés à l'intérieur du tube devient égale au double de la pression extérieure. Ces phénomènes, signalés dès 1864, ne sont pas si exceptionnels qu'ils en ont l'air ; ils prouvent que les solides jouissent comme les liquides de la propriété de dissoudre les gaz. **J. Fraipont** : Il existe quatre opinions sur l'origine des organes sexuels. Les uns soutiennent qu'ils proviennent de l'ectoderme, les autres de l'endoderme ; Éd. Van Beneden croit que les spermatozoïdes ont une origine ectodermique, les œufs une origine endodermique ; enfin Ciamician défend l'opinion inverse pour l'*Eudendrium ramosum*. Fraipont vient d'observer des faits nouveaux qui militent en faveur de l'opinion d'Éd. Van Beneden. N° 2. **Daubrée** vient d'achever la publication de ses *Études*

synthétiques de géologie expérimentale (800 pages) où se trouvent relatées les expériences au moyen desquelles l'auteur et ses élèves sont parvenus à expliquer le mode de formation d'un grand nombre de roches terrestres profondes et de météorites. **Faye :** Les récentes observations de cyclones dans les mers de la Chine prouvent la réalité de la théorie qui en place l'origine dans les courants supérieurs de l'atmosphère. Les tempêtes sont des mouvements giratoires qui, tout en marchant horizontalement avec le courant où elles s'engendrent, se propagent verticalement de haut en bas, jusqu'à ce qu'ils soient arrêtés par le sol. **A. Certes** a fait sur les infusoires des recherches qui confirment les vues de Cl. Bernard sur la glycogénèse comme fonction générale se retrouvant partout où il y a nutrition. **J. Lichtenstein.** Les œufs de tous les pucerons et les fausses femelles hibernantes des espèces à reproduction indéfinie, souffrent très peu du froid et paraissent pouvoir résister à de très basses températures. N° 3. **Gurnaud :** La fixation du carbone dans les futaies diminue à mesure que le couvert du taillis devient plus intense, parce que la lumière ne pouvant plus arriver aussi facilement sur le sol, n'y stimule plus suffisamment la production de l'acide carbonique dans les décompositions qui engendrent l'humus.

N° 4. **A. Cahours** et **E. Demarcay**, en faisant de nouvelles expériences de redistillation des acides gras bruts dans un courant de vapeur d'eau surchauffée sont parvenus à obtenir tous les acides gras depuis l'acide acétique jusqu'à l'acide caprylique dans un état de pureté parfaite. **Girard :** Les larves hibernantes du Phylloxera de la vigne peuvent résister pendant plusieurs jours à l'action *directe* d'un froid intense (8 à 10 degrés sous zéro) obtenu au moyen de mélanges réfrigérants. **Durand-Claye :** Pendant les plus grands froids de décembre 1879, la température des eaux souterraines de Paris s'est maintenue à 4 ou 5 degrés au-dessus de zéro. N° 5. **Cailletet :** En comprimant dans son appareil à liquéfaction des gaz, 5 vol. d'acide carbonique et 1 vol. d'air, l'acide carbonique se liquéfie avant 150 atmosphères ; si l'on augmente la pression, l'acide carbonique disparaît dans l'air, comme s'il s'y dissolvait ; le tube qui contient le mélange paraît rempli d'une matière homogène, qui, désormais, résiste à toute pression, comme le ferait un liquide. N° 6. **Pasteur** vient de découvrir la cause de la maladie appelée *choléra des poules*, et a déduit de sa découverte des conséquences des plus remarquables sur les maladies virulentes. Ces maladies comptent parmi les plus grands fléaux. Pour s'en convaincre, il suffit de nommer la rougeole, la scarlatine, la variole, la syphilis, la morve, le charbon, la fièvre jaune, le typhus, la peste bovine. Aussi longtemps qu'ont régné les idées de Liebig sur la nature des *ferments*, les *virus* furent considérés comme des substances livrées à un mouvement intes-

tin, capable de se communiquer aux matériaux de l'organisme et de transformer ces derniers en virus de même nature. Les *ferments*, disait Liebig, sont toutes les matières azotées de l'organisme, dans l'état d'altération qu'elles éprouvent par l'effet du contact de l'air ; il y a spontanéité dans l'origine et la marche des fermentations et des maladies. Pasteur prouva l'inanité de cette manière de voir en cultivant les ferments, à l'état de pureté, dans des milieux artificiels appropriés. Il montra que les ferments sont des êtres vivants qui empruntent leur carbone aux milieux fermentescibles, l'azote, le phosphore. le potassium, le magnésium (éléments dont l'assimilation est une des conditions indispensables de la formation de tous les êtres) au milieu minéral où ils vivent. La médecine s'empara de ses résultats sur les *ferments* et l'on admit, en général, que les *virus*, comme les ferments, sont des êtres animés ; mais dans la plupart des cas, on n'a pu, néanmoins, prouver péremptoirement cette hypothèse, ni expliquer certains faits singuliers, par exemple, l'absence de récidive dans les maladies virulentes ; on n'a pu expliquer non plus pourquoi une maladie virulente bénigne, la vaccine, par exemple, préserve d'une maladie plus grave, la petite vérole. La récente découverte de M. Pasteur sur le choléra des poules permet d'entrevoir la réponse aux questions encore pendantes sur les virus. Il est parvenu à cultiver le virus du choléra des poules, et, ce qui est tout à fait nouveau, *il a trouvé le moyen de diminuer la virulence du microbe infectieux qui produit cette maladie ;* enfin, cette variété faiblement virulente, inoculée à des poules saines, ne produit chez elles qu'une maladie bénigne, qui les préserve de la maladie plus redoutable appelée *choléra des poules ;* autrement dit, la nouvelle variété se comporte comme un vaccin. La communication de M. Pasteur fait évidemment naître l'espoir qu'un jour on pourra cultiver artificiellement tous les virus et en découvrir les variétés bénignes analogues au vaccin qui permettront enfin de combattre d'une manière efficace, par voie prophylactique, les maladies virulentes de l'homme et des animaux.

N° 7. **Hautefeuille** a reproduit artificiellement l'amphigène avec toutes ses propriétés essentielles et même avec des particularités qu'on pouvait regarder comme accidentelles et dues aux circonstances de sa formation dans les laves. **Jousset de Bellesme :** La phosphorescence du Lampyre est un phénomène chimique (peut-être une combustion d'hydrogène phosphoré), qui ne se produit, chez cet animal, que dans des conditions biologiques, savoir lorsque les grosses cellules à protoplasma granuleux constituant le parenchyme de l'appareil phosphorescent sont vivantes et soumises à une excitation volontaire de la part de l'insecte ou à un courant électrique modéré. **Forel** : L'ancienne théorie de la congélation des lacs, qui admet un refroidissement lent et pro-

gressif de toute la masse jusqu'à 4°, puis un refroidissement des couches superficielles se stratifiant de 0° à 4° suivant leur ordre de densité, cette ancienne théorie est exacte. Les expériences faites sur le Loch Lomond en Écosse, et qui semblent contraires, ne prouvent rien parce que ce lac est trop peu profond. Les expériences faites en Suisse, sur le lac de Zurich notamment, où le froid a pénétré jusqu'à une profondeur de 110 mètres, en prouvent au contraire la vérité. **Desor :** Les torrents, lorsqu'ils rencontrent un lac en leur chemin, y déposent leurs alluvions en couches *inclinées*, toutes les fois qu'il s'agit de matériaux plus ou moins grossiers, tandis que les limons et les sables fins vont se déposer au large en *couches horizontales*. Il en est de même pour les torrents qui débouchent dans la mer. On peut donc distinguer, dans les formations géologiques du passé, les deltas torrentiels des deltas des grandes rivières.

N° 8. **Berthelot :** L'ozone O_3, l'acide persulfurique S_2O_7, l'eau oxygénée HO_2 notation de l'auteur) se forment en absorbant des quantités de chaleur qui sont à peu près dans les rapports de 14.8, 13.8, 10.8. Ces données thermochimiques sur ces corps singuliers permettent d'expliquer un grand nombre de leurs réactions. **Nordenskiöld :** Les Esquimaux étudiés dans son voyage, de Norwège au Japon par l'océan Glacial arctique, emploient en même temps des armes en pierre et des fusils Remington. Leurs dessins, gravures et sculptures en ivoire ont beaucoup de ressemblance avec les dessins paléolithiques de la France. D'après les dragages faits dans l'océan Glacial, où la température du fond de la mer est toujours de 1 ou 2 degrés au-dessous de zéro, il existe à la profondeur de 30 à 100 mètres, une faune plus riche en individus que dans les mers tropicales. **St. Meunier**, guidé par des considérations relatives à la photosphère solaire, a reproduit le silicate anhydre, appelé eustatite par les géologues, avec tous ses caractères naturels, en présence de la vapeur d'eau et à la pression ordinaire. Auparavant, on avait obtenu, par fusion, l'enstatite cristallisée ; mais elle n'avait pas les caractères de l'enstatite naturelle, et le procédé ne fournissait aucune lumière sur l'origine des roches primordiales silicatées magnésiennes. Il n'en est pas de même du nouveau procédé qui semble devoir jeter un grand jour sur diverses questions de géologie comparée. Plus tard (n° 12), St. Meunier est parvenu à reproduire de même le spinelle et le corindon. **Scheurer Kestner**, père et fils, mettant à profit un ferment digestif qui se produit pendant la panification, préparent un pain de munition (pain-soupe) renfermant 50 pour cent de viande, se conservant indéfiniment sans altération et qu'il suffit de tremper dans l'eau bouillante pour obtenir une soupe normale.

N° 9. **Daubrée** donne une idée des travaux scientifiques de M. Nordenskiöld pendant son voyage de Tromsoe au détroit de Behring

(21 juillet 1878 — 20 juillet 1879) et ses expéditions antérieures au Groënland et au Spitzberg. Au Groënland, il a trouvé, sur une plage déserte de l'île de Disco, des blocs de fer natif (le principal ne pèse pas moins de 20 000 kilogrammes), dont l'origine terrestre, établie ultérieurement, est une découverte des plus considérables pour l'histoire de notre globe et la géologie comparée, parce que ces blocs ont une composition identique à celle des météorites tombés du ciel. M. Nordenskiöld, dans ses divers voyages au Spitzberg, a extrait des couches de ce sol glacé des empreintes de plantes qui ont révélé l'existence d'une forte végétation tropicale (fougères arborescentes, lycopodiacées en arbres, sigillaires, calamites) pendant les époques houillère, jurassique, crétacée et tertiaire. En particulier, les forêts qui, au milieu de l'époque tertiaire, ombrageaient le Spitzberg, avec leurs chênes, leurs platanes, leurs sequoias, ressemblaient à celles que nous trouvons aujourd'hui à 25° ou 30° plus au sud, par exemple, en Californie. **De Saint-Genis** : Vers le milieu du XVIIIe siècle, c'était un usage presque général dans les familles aisées de Chatellerault de choisir pour leurs enfants des parrains et des marraines pauvres. **Filhol** a confirmé, par des découvertes paléontologiques, les vues de M. A. Milne Edwards sur la place des Lémuriens dans la série animale. Très probablement, ils doivent être séparés des singes et rapprochés des pachydermes. N° 10. **Berthelot** : Une multitude de transformations chimiques sont attribuées aujourd'hui à l'énergie de la matière éthérée, animée de ces mouvements vibratoires et autres qui produisent les phénomènes calorifiques, lumineux, électriques. Cette énergie, communiquée à la matière pondérable, y provoque des décompositions et des combinaisons. Beaucoup de savants admettent qu'il en est de même des vibrations ordinaires de la matière pondérable : suivant eux les corps explosifs peuvent détoner sous l'influence de certaines notes musicales, qui les feraient vibrer à l'unisson. M. Berthelot vient de constater expérimentalement que des vibrations de ce genre n'accélèrent pas même la décomposition des corps chimiques qui se décomposent spontanément, tels que l'ozone, l'hydrogène arsenié, l'eau oxygénée, l'acide persulfurique. **Colladon** : Le tunnel du Mont Cenis, long de 12 200 m., commencé en septembre 1857, n'a été achevé qu'en 1871 ; les deux galeries se sont rencontrées le 25 décembre 1870, avec une déviation d'un tiers de mètre. Le tunnel du Saint-Gothard est long de 14 920 mètres ; les deux galeries se sont rencontrées le 29 février 1880, après sept ans et cinq mois de travail, avec une déviation latérale de 20 centimètres et une différence de niveau de dix centimètres. Les difficultés du percement ont été beaucoup plus considérables pour le Saint-Gothard; les infiltrations donnaient plus de 200 litres d'eau par seconde, tandis qu'au Mont Cenis elles n'en donnaient qu'un. L'altitude de l'embouchure

nord, à Goeschenen est 1109 mètres, celle de l'embouchure sud, 1145 mètres; le point culminant central est à 1155 mètres seulement. **Hamm** : On combat le phylloxera avec avantage au moyen du sulfure de carbone en faisant absorber préalablement celui-ci par de la terre à infusoires; de cette manière ce sulfure nuit moins à la vigne qu'employé sous les autres formes actuellement usitées. On pourrait aussi essayer de combattre le phylloxera en cherchant s'il n'a pas de parasites naturels qui le détruisent. **Blanchard** croit ce dernier procédé peu pratique, les parasites d'une espèce ne détruisant jamais qu'une faible partie des individus qui la composent; il croit également les autres procédés peu efficaces à cause de la résistance des téguments des insectes aux acides et aux alcalis. Laisser croire le contraire c'est propager des illusions et faire naître des espérances qui seront fatalement déçues. **Pasteur** : « Les illusions de l'expérimentateur sont une grande partie de sa force; ce sont les idées préconçues qui lui servent de guide. De celles-ci beaucoup, le long du chemin qu'il parcourt, s'évanouissent; mais, un beau jour, il reconnaît et il prouve que certaines d'entre elles sont adéquates à la vérité. Alors il se trouve maître de faits et de principes nouveaux dont les applications, tôt ou tard, répandent leurs bienfaits. » Dans le cas actuel, rien ne prouve que, si l'on trouve un parasite naturel du phylloxera, on ne parviendra pas à le multiplier artificiellement au point de s'en faire un auxiliaire sérieux.

N° 11. **Faye** : L'hypothèse de Laplace sur la formation du système solaire expliquait assez bien tous les faits de son temps; mais quelques découvertes récentes prouvent qu'il n'y a dans cette théorie qu'un seul point inébranlable, savoir que notre système s'est formé aux dépens d'une masse primitivement fort étendue et animée principalement d'un mouvement de rotation de droite à gauche, dit mouvement direct. Ces découvertes sont les suivantes : Uranus et ses quatre satellites, Neptune et son satellite, ont un mouvement rétrograde; l'un des deux satellites de Mars, Phobos, fait le tour de la planète en trois fois moins de temps qu'il n'en faut à celle-ci pour faire le tour de son axe, et, d'après la théorie de Laplace, ce temps devrait être plus grand. Une partie des anneaux de Saturne tourne aussi plus vite que la planète elle-même. Laplace a été conduit à son hypothèse par l'étude des anneaux de Saturne qu'il regardait comme tournant tout d'une pièce de manière que le bord le plus éloigné du centre eût la plus grande vitesse; aujourd'hui, on regarde, au contraire, les anneaux comme formés de petits satellites et alors les extérieurs ont les plus petites vitesses linéaires d'après la troisième loi de Kepler. Si l'atmosphère du soleil, imaginée par Laplace, se décompose en anneaux tournant tout d'une pièce, puis que ces anneaux se concentrent en planètes, elles auront toutes une rota-

tion directe; dans l'autre hypothèse, elles auront toutes une rotation rétrograde. Ni l'une, ni l'autre de ces hypothèses ne se réalise, puisque la moitié du système solaire qui s'étend jusqu'à Saturne ne présente que des mouvements directs, l'autre (Uranus et Neptune), que des mouvements rétrogrades. On ne peut donc admettre l'idée de Laplace sur la séparation de l'atmosphère solaire en anneaux se mouvant tout d'une pièce, ni d'anneaux composés de satellites; d'ailleurs la séparation même en anneaux par une concentration de l'atmosphère solaire n'est pas certaine, la force centrifuge pouvant n'être jamais assez grande pour rendre les anneaux indépendants. On peut imaginer des lois de variation de densité, du centre à la surface, dans la masse de la nébuleuse qui a donné naissance à notre soleil, telles qu'il n'y ait jamais formation de satellites ou d'anneaux. **Bouchut :** Le suc de papayer et le ferment digestif qu'il contient, la papaïne, est une vraie pepsine végétale; elle digère non seulement la fibrine, le gluten, la viande crue, le lait, mais aussi les tissus vivants, sains ou pathologiques (par exemple, des cancers). **F. Fouqué** et **A. Michel Levy** ont fait artificiellement des feldspaths analogues à l'oligoclase, au labrador et à l'orthite, où la chaux est remplacée par la baryte, la strontiane ou le protoxyde de plomb.

N° 12. **Faye :** En s'appuyant sur les idées modernes relatives à la possibilité de la transformation de l'énergie calorifique en énergie mécanique et inversement, et en s'inspirant de ce que l'observation apprend sur l'évolution des nébuleuses du type le plus commun, on peut concevoir comme il suit la formation du système solaire. Imaginons à l'origine, la matière de notre système disséminée dans un espace globulaire d'un rayon cent fois plus grand que celui de Neptune. Tous les corps placés dans cette vaste enceinte décrivaient, sous la moindre impulsion, des ellipses ayant leur centre au centre de la nébuleuse ; le temps d'une révolution est mille fois celui d'une révolution de Neptune. On peut admettre que cette nébuleuse se mouvait vers la constellation d'Hercule, comme le système solaire qui en est sorti, et qu'il y avait tourbillonnement de la masse entière autour d'un certain axe, comme on l'a observé pour certaines nébuleuses actuelles. Ce tourbillonnement a donné lieu à la formation d'anneaux dans le plan de l'équateur perpendiculaire à l'axe, anneaux tournant à peu près d'une pièce ; en même temps l'influence de la gravité a occasionné une concentration de la matière de la nébuleuse vers le centre de celle-ci. Or, le calcul montre que cette concentration peut produire une division de la nébuleuse en deux régions, l'une extérieure, où les anneaux pourront donner naissance à des planètes à rotation rétrograde, l'autre intérieure, où les planètes, si elles se forment, seront à rotation directe. La même cause, la densité croissante du centre de la nébuleuse, suffit pour expliquer le rétrécissement

des orbites jusqu'à leurs dimensions actuelles, et même peut-être l'existence de comètes, qui seraient des portions de la nébuleuse primitive dont le mouvement n'était pas à peu près perpendiculaire à l'axe moyen de rotation; les satellites d'une planète peuvent d'ailleurs tourner plus lentement que celle-ci. On peut aussi supposer le système, à l'origine, presque privé de chaleur ; la concentration des 699/700 de sa masse en un soleil unique, puis du dernier sept-centième presque tout entier en planètes très petites, suffit pour expliquer l'énorme quantité d'énergie calorifique aujourd'hui disponible. L'attraction transforme d'ailleurs encore un peu d'énergie mécanique en chaleur, à l'époque actuelle. **Berthelot :** Le permanganate de potasse et l'eau oxygénée donnent naissance, dans les liqueurs fortement acides, à un composé incolore, stable à — 12°, dans le milieu où il se produit, mais qui se détruit, dès qu'il est ramené à la température ordinaire, en dégageant de l'oxygène. C'est probablement un tritoxyde d'hydrogène HO_3 (O = 8), une eau suroxygénée, analogue au trisulfure d'hydrogène. **Serres :** Fleuriais est parvenu à construire un loch à moulinet électrique, qui donne enfin la solution pratique de la détermination de la vitesse des navires, à chaque instant. **Dieulafait :** La présence du cuivre est normale dans les plantes qui vivent sur des roches de formation primordiale, et sur celles qui proviennent directement de leur destruction. **Dr. Mégnin :** Il y a chez certains ténias un état aussi constant que l'état armé et l'état inerme, c'est l'état acéphale; le ténia arrive à l'état acéphale, par la disparition du scolex, qui se produit en même temps que la maturation des œufs. Après cette disparition, les anneaux continuent à grandir, à se sexuer, à se remplir d'œufs et à se détacher successivement jusqu'au dernier.

N° 13 : **Toussaint :** La tuberculose se transmet avec la plus grande facilité, par l'allaitement, par l'ingestion de matières tuberculeuses, par l'inoculation de celles-ci ou du sang, enfin par la simple cohabitation. N° 14 : **Faye :** Les cyclones de la Nouvelle-Calédonie obéissent aux mêmes lois que ceux des autres parties du globe. **Nordenskiöld :** Les grands fleuves de la Sibérie versent dans l'océan Arctique des masses d'eau telles qu'elles déterminent presque certainement, sous l'influence de la rotation de la terre, un grand courant maritime longeant les côtes de l'est à l'ouest. Ce courant, après les débâcles, débarrasse les côtes des glaces, soit en les chassant, soit en les fondant. Ce n'est donc pas entre les embouchures de l'Iénissei et de la Léna, ni même dans le voisinage immédiat de celle-ci, à l'est, que doivent se trouver les plus grands obstacles à la circumnavigation de l'Asie ; et, probablement, il sera toujours relativement facile de franchir la pointe la plus septentrionale de cette partie du monde, le cap Tchéliouskine, entre l'Iénisséi et la Léna. La mer de Kara, à l'est de la Nouvelle-Zemble, et la

partie de l'océan Arctique située immédiatement à l'est de la terre de Wrangel (cette terre semble plus étendue qu'on ne le croit généralement et pourrait bien n'être pas une île) ne reçoivent pas de ces grands fleuves ; c'est pourquoi les glaces s'y accumulent et y persistent si longtemps. Néanmoins, l'expérience a prouvé que l'on peut franchir, en automne, la mer de Kara ; on peut donc espérer de traverser de même le détroit de Long (entre la terre de Wrangel et la Sibérie) et la mer que l'on rencontre au delà, de façon à arriver assez aisément de l'embouchure de la Léna ou de la Kolyma orientale au détroit de Behring. S'il en est ainsi, avec un bon navire, monté par un équipage familiarisé avec la navigation des mers polaires, on pourra presque chaque année effectuer la traversée du passage nord-est. **Alluard** : Les observations faites pendant l'hiver de 1879-1880 à Clermont et au Puy-de-Dôme, qui est plus élevé de 1 100 mètres, démontrent l'exactitude de la règle suivante : Toutes les fois qu'une zone de haute pression couvre l'Europe centrale et surtout la France, il y a dans nos climats interversion de la température avec l'altitude. Ainsi, il a fait souvent moins froid au Puy-de-Dôme qu'à Clermont, surtout pendant la nuit ; en décembre 1879, les différences de température étaient souvent de plus de 15°. (D'autres observateurs, **G. Lemoine**, n° 18, **Ch. André**, n° 20 ont confirmé depuis la règle de M. Alluard). **Faye** : Il faudra probablement tenir compte de cette interversion dans le calcul des réfractions astronomiques. N° 15 : **Tholozan** : Tout concourt à prouver que la peste limite spontanément ses ravages par des causes à nous inconnues et que les mesures prophylactiques actuellement usitées sont inefficaces. **Ader** : Un fort aimant convenablement disposé attire les corps légers comme un corps électrisé. **Ladenburg** : La belladone contient l'*atropine*, décomposable en *tropine*, $C_8 H_{15} N O$, et *acide tropique* $C_9 H_{10} O_3$ qui peuvent par recomposition reconstituer l'atropine, et l'*hyosciamine*, celle-ci en faible quantité ; le *Datura stramonium* contient la *daturine*, identique à l'hyosciamine, et probablement un peu d'atropine ; la jusquiame contient l'hyosciamine et un alcaloïde différent de l'atropine ; la *duboisine*, extrait de la *Duboisia myoporoides* est aussi identique à l'hyosciamine. Celle-ci traitée par la baryte donne la tropine et l'acide tropique ; néanmoins elle n'est pas identique à l'atropine. N° 16. **F. de Lesseps** : Le canal interocéanique de Panama aura 73 kilomètres, celui de Suez en a 162. Il empruntera du côté de l'Atlantique partiellement le lit du Rio Chagres, franchira ensuite le pic de la Culebra par une tranchée de 5 kilomètres, et enfin empruntera de nouveau le lit d'une rivière, le Rio Grande. Un barrage de 46 mètres de hauteur sera pratiqué entre les deux montagnes qui resserrent le lit du Chagres près de Cruces. Ce barrage permettra d'emmagasiner 2 milliards de mètres cubes d'eau dans une large vallée,

et on pourra ainsi alimenter d'eau potable Colon et Panama qui en sont dépourvues. **Tayon** : Une sélection prolongée et une traite extrêmement énergique ont augmenté le volume des mamelles des ovidés des Cévennes et provoqué l'apparition de deux, quatre ou même six tétines nouvelles (Faits nouveaux sur le même sujet, n° 18).

N° 17. **A Cornu** : Il est extrêmement probable que l'absorption des radiations solaires ultraviolettes du spectre est exercée par la masse gazeuse de l'atmosphère et non par les poussières ou la vapeur d'eau, quoique celle-ci joue le rôle principal dans l'absorption des radiations peu réfrangibles. **Berthelot** : Le fulminate de mercure $C_2N_2Hg_2O_4$, lorsqu'il fait explosion, se décompose en azote, mercure et oxyde de carbone, d'une manière presque instantanée, parce qu'il n'y a aucune combinaison graduelle susceptible de modérer la détente des gaz et de diminuer la violence du choc initial, ni aucune dissociation notable des produits formés. **Pasteur** : Il est très probable que le vaccin préventif du choléra des poules enlève à celles-ci, après une, deux, ou trois inoculations, tous les éléments qui servent à la nourriture du microbe infectieux, cause de cette maladie, ce qui explique l'efficacité de ce vaccin. Il agit, en effet, de la même manière préventive sur le liquide (bouillon de poule) qui sert à cultiver le microbe : ce liquide, s'il a servi trois ou quatre jours à cette culture, est impuissant, même filtré, à servir, encore pour le même objet. **Milne Edwards** vient de publier le quatorzième et dernier volume de son ouvage intitulé : *Leçons sur la physiologie et l'anatomie comparée de l'homme et des animaux*. **Daubrée** appelle l'attention sur la carte géologique du canton de Genève de M. A. Favre, au vingt-cinq-millième et sur le texte explicatif qui l'accompagne. Celui-ci contient des faits nombreux relatifs à l'homme préhistoriqne. N° 18. **Dumas** : Il existe dans l'aluminium et dans le magnésium des gaz retenus par occlusion (surtout hydrogène). **Pasteur** : Le liquide où l'on a cultivé le microbe du choléra des poules, après avoir été privé par filtration de tout virus, inoculé à un animal sain, même vacciné, le narcotise pour trois ou quatre heures. Le microbe donne donc naissance à un narcotique; ce narcotique produit le sommeil de la poule, tandis que le microbe est directement cause de la maladie proprement dite, par désoxygénation du sang. M. Pasteur a observé des cas de longues incubations du virus du choléra des poules ; des cas aussi d'infections locales sous forme d'abcès. Il a étendu la théorie des germes à l'étiologie de quelques maladies communes chez l'homme. Il a découvert, dans les furoncles, un organisme toujours le même ; un cas d'ostéomyélite lui a présenté le même microbe, comme si cette maladie était un furoncle de de la moelle de l'os. La fièvre puerpérale, au contraire, n'est pas causée par un parasite spécial, mais par les parasites communs infectant le pus

formé à la surface des parties blessées, de sorte qu'on peut la prévenir par un antiseptique approprié, l'acide borique. **Cloué** a observé un grand nombre de petites trombes marines se formant d'après la théorie de M. Faye. **R. Pictet** est parvenu à retrouver par la thermodynamique une équation générale donnant la relation qui existe pour tous les liquides étudiés par Regnault entre leur température et la tension maxima de leurs vapeurs à cette température.

N° 21. **Faye :** La terre a sensiblement la forme d'un ellipsoïde de révolution : le demi-parallèle équatorial a été trouvé par M. Faye égal à 3 272 562 ± 44 T, (T = toises du Pérou = 864 lignes ; le mètre français = 443,295 936 lignes, le mètre prussien est un peu plus grand, le mètre autrichien un peu plus petit) et l'aplatissement est de $\frac{1}{294.6}$. Il n'a pas tenu compte des mesures géodésiques de l'Inde anglaise. En en tenant compte, mais laissant de côté celles de l'Algérie, le colonel Clarke (*Geodesy*, 1880, p. 319), trouve 3 272 514 ± 38 toises et un aplatissement égal à $\frac{1}{293.5 \pm 1.1}$. La direction normale du pendule en chaque lieu étant calculée d'après ces données et comparée à celle que donne l'observation, on trouve que les grands massifs montagneux (l'Ilymalaya, p. ex.) et, en général, les continents le dévient justement en sens inverse de ce qu'on attendrait, que les mers agissent aussi en sens inverse de ce qu'on aurait prévu. M. Faye explique ce fait en disant que la croûte terrestre sous les mers est plus épaisse que sous les continents, parce que la présence de l'eau même y fait marcher le refroidissement plus vite. A 4000 mètres sous l'eau la température est voisine de zéro, à 4000 mètres sous terre, elle est probablement 150° environ. Dès l'origine, toute partie immergée de la mer a dû se refroidir plus vite, s'épaissir et se contracter, toute partie émergée, par la pression du fluide igné central, s'élever, s'émerger davantage et se refroidir sur une moindre épaisseur. **Phipson :** En frappant une vingtaine de petits coups secs sur les folioles terminales de l'acacia, en plein soleil, les autres folioles se courbent successivement, selon qu'elles sont plus ou moins rapprochées de la foliole terminale, et au bout de cinq minutes elles sont toutes rabattues, ou dans un état de sommeil, comme on dit. Il faut plusieurs heures de soleil pour qu'elles reprennent la position horizontale. Selon l'auteur, les phénomènes d'excitabilité, si connus pour la sensitive, ne sont pas du tout exceptionnels dans le règne végétal. **A. de Candolle**, dans l'ouvrage qu'il vient de publier : la *Phytographie ou l'art de décrire les végétaux*, entre autres choses fait connaître les collections contenant des herbiers de plantes authentiques, formés par des botanistes connus. Il remarque avec Cuvier que de même que la géométrie apprend la logique à la jeunesse, l'histoire des êtres

organisés et surtout leur classification naturelle lui apprennent la méthode : d'où l'importance des études de botanique dans l'éducation. **Marangoni :** Les poissons marins qui émigrent ont seuls une vessie natatoire; elle est parfaitement close. L'expérience prouve qu'ils luttent constamment à l'aide de leurs nageoires contre l'influence de leur vessie natatoire, qui, si elle agissait seule, les retournerait sens dessus dessous, et les porterait trop rapidement à un niveau trop bas ou trop élevé chaque fois qu'il s'y produit un changement de pression intérieure. Il résulte de là que c'est la vessie natatoire qui règle l'émigration des poissons. **Berlioux :** Dans son voyage d'exploration au Sahara, M. Rohlfs a retrouvé, partout où il a pu parvenir, les particularités géographiques signalées d'avance par M. Berlioux, d'après Ptolémée. N° 23. **Daubrée** vient de publier une étude intitulée : *Descartes, l'un des créateurs de la Cosmologie et de la Géologie*, où il montre que ce puissant génie a le premier affirmé l'unité de composition du monde physique ; il regardait la terre comme un astre éteint, et essayait d'expliquer l'émersion des continents et la formation de leurs inégalités par le déplacement relatif des voussoirs de la croûte terrestre ; il avait aussi des idées très justes sur le mode de formation des filons métallifères.

N° 24. **Hébert :** l'ouverture du Pas-de-Calais appartient probablement à la période quaternaire. **De Quatrefages :** Hamy a prouvé dans la 9e livraison des *Crania ethnica* qu'au milieu des populations nègres de l'Afrique, en général dolichocéphales, il y a des populations de petite taille sous-dolichocéphales (Négrilles) ; un fait analogue a été constaté chez les races océaniennes (Papous et Négritos). **Chauveau:** Les moutons algériens sont en général réfractaires à l'inoculation de la maladie infectieuse appelée sang de rate ; c'est l'inverse pour les moutons européens. **Peirce :** La longueur du pendule à seconde à Paris est (993934 ± 10) millièmes de millimètres. **H. Becquerel** a prouvé que les gaz ont un pouvoir rotatoire magnétique mesurable ; l'oxygène, qui est magnétique, présente des singularités relativement à la polarisation rotatoire, tout comme les solides et les liquides magnétiques doués d'un pouvoir rotatoire négatif. **Schlœsing** : La mer contient probablement 20 fois plus d'acide carbonique que l'atmosphère ; la moitié de cet acide carbonique est retenue par les bases, l'autre peut se déverser partiellement dans l'atmosphère quand la quantité de ce gaz y diminue par des causes quelconques. La mer peut donc être regardée, avec la circulation de l'air, comme la cause pour laquelle il y a toujours la même quantité d'acide carbonique (trois dix-millièmes) dans l'air.

N° 25. **Faye** ; Dans la réduction des observations du pendule au niveau de la mer, l'expérience prouve qu'il est inutile de tenir compte de la saillie continentale, compensée partout, à très peu près, par le

défaut d'épaisseur de la croûte solidifiée sous les continents ; mais il faut calculer l'effet perturbateur des petites saillies accidentelles (pics isolés, îlot, etc.). Les deux principales causes d'erreur dans l'appréciation de la vraie longueur du pendule proviennent de la résistance de l'air et des oscillations des supports de l'instrument. On les éviterait l'une et l'autre, en observant un pendule très léger oscillant dans le vide. **Sébert** obtient la loi du mouvement d'un projectile au moyen d'un mécanisme logé dans l'intérieur de ce dernier et qui enregistre automatiquement les valeurs des espaces parcourus pendant une longue série de durées successives, égales chacune à une fraction très petite de seconde, fraction qu'il a pu faire descendre à un *six-millième*, soit dans l'âme de la pièce, soit (n° 26) dans un milieu résistant (chambre à sable), où pénètre le boulet. Le procédé employé dans le dernier cas permettra également d'enregistrer le mouvement retardé du projectile dans l'air et de mesurer la résistance de l'air dans le voisinage immédiat de la bouche à feu. N° 26. **Le Bon** et **Noël** sont parvenus à extraire, de la fumée du tabac, 1° de l'acide prussique; 2° un alcaloïde à odeur agréable, mais dangereux à respirer et aussi toxique que la nicotine, puisqu'il tue les animaux à la dose d'un vingtième de goutte ; 3° des principes aromatiques encore indéterminés. **Huxley** vient de publier en anglais, et l'on a traduit en français, un ouvrage intitulé : *L'Écrevisse, introduction à l'etude de la zoologie.* **Dieulafait** : les roches de formation primordiale renferment, à l'état de dissémination complète, la lithine, la strontiane, la baryte, le zinc, le manganèse, le cuivre, le plomb. Ces métaux ou combinaisons métalliques ont été amenés, sous des formes diverses, dans des formations géologiques ultérieures, où ils se présentent souvent avec le caractère commun d'avoir une gangue barytique. **Peuch** et **Bouley** : la tuberculose est transmissible par le lait non bouilli ou la viande crue de vaches phtisiques.

P. M.

BRUXELLES. — IMPRIMERIE A. VROMANT, RUE DE LA CHAPELLE, 3.

TRANSMISSION DE LA FORCE MOTRICE

A DISTANCE.

La transmission de la pensée par le télégraphe et de la parole elle-même par le téléphone est un fait accompli, qui sera compté parmi les événements les plus considérables de ce siècle ; mais les applications que l'on peut faire des principes d'Ampère et de Faraday ne sont pas épuisées, et nous entrevoyons une moisson plus riche encore dans le champ merveilleux de l'électro-dynamique.

En effet, l'arc électrique inonde déjà nos rues de sa vive lumière ; bientôt, s'il faut en croire de puissantes compagnies et des chercheurs infatigables, cette lumière sera distribuée à domicile ; la chaleur de l'arc est utilisée par les métallurgistes, et, le 3 juin dernier, elle fondait à Woolwich 500 grammes d'acier en moins de cinq minutes ; la chimie essaie en même temps de fabriquer l'alcool par les procédés Berthelot en plongeant deux électrodes d'éponge de platine, fortement polarisées par 10 éléments Bunsen, dans une solution aqueuse de glucose ; enfin l'horticulture elle-même active la végétation des jardins et des serres par la lumière électrique dont les rayons bienfaisants favorisent la formation de la chlorophylle, de l'amidon et de la cellulose, de telle sorte que le repos de la nuit soit refusé même aux plantes.

Mais ce n'est pas encore tout, car voici que M. Mac Tighe prétend avoir transmis de Pittsburg à Washington les ondes lumineuses ; son *téléphote* permettrait de voir la personne avec laquelle on converse par le téléphone ! De savants électriciens, MM. Ayrton, Perry, Sawyer et Carey, et l'illustre Bell lui-même ont aussitôt dirigé leurs efforts vers ce but, et il est permis d'espérer qu'un jour *on se verra par le télégraphe.*

Le public est arrivé à tout croire, et les savants eux-mêmes ne doutent plus de rien. Qui oserait fixer des bornes au génie inventif de notre génération ? Pour moi, je crois qu'avant la fin de ce siècle, l'électricité sera appliquée à tous les besoins de la vie ; elle sera canalisée, comme le sont aujourd'hui le gaz et l'eau ; pendant le jour le courant sera utilisé à la transmission de dépêches de tous genres, parlées, écrites, imprimées, photographiées; des sources de lumière et de chaleur seront branchées sur l'artère principale et utilisées suivant toutes les convenances des temps et des lieux ; le même courant sera employé pour animer des moteurs de toute espèce et de toute force, depuis la machine à coudre jusqu'aux engins mécaniques de la grande industrie. Bref, l'électricité sera un des principaux éléments de la vie, et nous nous étonnerons sans doute nous-mêmes d'avoir pu nous passer si longtemps de cet agent, tout comme nous ne comprenons déjà plus qu'il y ait eu une civilisation avancée sans chemins de fer.

Cette grande transformation est plus proche de nous qu'on ne le croit généralement : beaucoup de matériaux sont amassés déjà, il sera facile d'édifier. La solution définitive dépend de quelques perfectionnements, qui peuvent être réalisés au premier jour. Parmi ces échelons, qui conduiront sur les hauteurs de la science électrique, se trouve en première ligne la transmission de la force motrice à distance. Il n'est pas de problème plus intéressant à étudier théoriquement, car il appartient à l'électro-magnétisme, à

l'électrodynamique, à l'induction et à la thermodynamique ; au point de vue industriel et pratique aucune autre question n'est plus importante, car la production et la vente de l'électricité ne seront possibles en grand que du jour où l'énergie électrique sera économiquement transformable en énergie mécanique. La solution du problème de l'éclairage électrique est elle-même subordonnée à celle que nous indiquons, absolument comme l'industrie du gaz dépendait de l'utilisation du coke, des goudrons, et des autres sous-produits inférieurs. La grande industrie n'est possible en effet et ses entreprises ne sont viables qu'à la condition d'être soutenues dès le début par l'intérêt public et de trouver des débouchés complets : il faut que l'énergie électrique soit applicable de jour comme de nuit, pour qu'il soit possible de produire l'électricité avec bénéfice et de la mettre à la disposition de tous. On s'occupe trop des commutateurs, des régulateurs et distributeurs de tout genre qui seront comme les robinets de la nouvelle canalisation : ces détails viendront à l'heure voulue. Qu'on s'efforce avant tout d'appliquer l'électricité à des usages mécaniques, afin de supprimer aux compagnies d'éclairage les chômages du jour ? On demandera à l'électricité de nous éclairer et de transmettre la force : les compagnies de gaz resteront chargées peut-être de nous chauffer et de faire marcher les moteurs.

Le grand intérêt de cette question pour le physicien aussi bien que pour l'ingénieur m'a engagé à la traiter. Sans être de cette caste nouvelle qui se pare du nom d'*électriciens*, j'ai cru pouvoir porter les mains sur l'arche sainte. Ces messieurs, d'ordinaire si jaloux, ne crieront pas au sacrilège, car je ne viens revendiquer aucune invention ni soulever aucune question de priorité, à l'imitation de tant d'autres : je ne ferai qu'enregistrer les progrès réalisés à ce jour, en bornant mon ambition à coordonner les faits, à les discuter et à les soumettre au contrôle sévère d'une critique impartiale.

Un de nos meilleurs écrivains a comparé certains ouvrages allemands à des puits sans eau : ce jugement serait injuste à l'égard des publications de nos électriciens. Il en est bien quelques-unes dont la profondeur est très sèche et très vide, mais c'est le petit nombre ; et l'on trouve dans les journaux spéciaux beaucoup de monographies excellentes, où l'on peut puiser largement. Cette étude sur les transmissions de force n'a pas d'autre source.

Pour être clair et complet nous examinerons tour à tour les générateurs d'électricité, les conducteurs et les moteurs qui transforment l'énergie électrique en travail. Le rendement de ce nouveau mode de transport de la force sera discuté ensuite au double point de vue de la théorie et de la pratique : peu d'essais ont été faits encore, et déjà cependant d'excellents résultats sont acquis.

I

GÉNÉRATEURS D'ÉLECTRICITÉ.

Ne nous occupons que des sources industrielles d'électricité. Il y en a deux principales : les sources voltaïques ou piles, dans lesquelles l'énergie chimique est transformée directement en énergie électrique, et les sources faradiques, qui sont de véritables machines, mues par un moteur spécial et qui transforment le travail en électricité.

Innombrables sont les piles qui ont été inventées depuis l'immortelle découverte de Volta : chaque jour en produit de nouvelles, et bientôt leur énumération sera fort difficile ; mais on aurait tort de conclure que de grands progrès ont été réalisés. La fameuse pile perpétuelle Tommasi, autour de laquelle on a fait tant de bruit, et pour l'exploitation de laquelle on a pu réunir un capital de deux millions, n'est

guère autre chose qu'une pile Bunsen, et ne donne en tout cas pas de meilleur rendement. Ce jugement s'applique à toutes les autres nouvelles piles : j'en excepterai peut-être la pile que M. Reynier présentait à l'Académie le 28 juin dernier sous le patronage de M. Du Moncel. Le zinc de cette nouvelle pile plonge dans une solution de soude caustique ; l'électrode négative, qui est de cuivre, est immergée dans une solution dépolarisante de sulfate de cuivre, séparée de la liqueur alcaline par une cloison perméable de parchemin. Ce couple surpasse en énergie le couple Bunsen des laboratoires, et cependant il coûte moins cher d'achat et d'entretien et n'émet pas de vapeurs acides : il paraît recommandable, et mérite d'entrer avantageusement en comparaison avec les éléments Bunsen, Daniell, Callaud et autres qui sont éprouvés par un long usage. Ce sont les seules piles dont l'industrie puisse tirer parti, et dont nous ayons à nous occuper.

Les machines faradiques sont nombreuses aussi, mais elles sont moins connues, et leur popularité ne date que d'hier ; du reste elles se modifient et se perfectionnent encore sous nos yeux. Je crois nécessaire, en vue des applications qu'elles présentent, de suivre leur histoire depuis Faraday. Les traités de physique, prolixes dans la description des piles, sont au contraire absolument incomplets pour les générateurs électro-magnétiques ou électro-dynamiques, et n'en décrivent guère qu'un seul, celui de Clarke : or, c'est précisément un modèle abandonné. Il est donc indiqué de présenter ici, dans leur ordre généalogique pour ainsi dire, ces appareils desquels dépendent encore tant de progrès : c'est une des plus belles pages de l'histoire scientifique de ce siècle.

En combinant les découvertes d'Ampère et d'Arago, Faraday conçut l'idée de l'induction ; il n'en formula les lois qu'en 1830, mais il en entrevit aussitôt les conséquences. Suivant l'expression de Hœfer, Ampère avait fait des aimants avec l'électricité, Faraday fit de l'électricité avec

des aimants. Pour cela, il suffisait de faire mouvoir du fil conducteur dans un champ magnétique ; par un agencement particulier on engendre ainsi un courant qui peut être alternatif ou continu. La carrière était ouverte aux inventeurs ; dès 1832, Pixii construit un générateur dans lequel l'aimant est mobile ; en 1833, Saxton d'abord, puis Clarke reviennent à l'idée première de Faraday et, dans leurs machines, ce sont les bobines qui tournent autour des pôles de l'aimant. Puis, en 1835, Page surexcite et affaiblit successivement un aimant en faisant tourner devant lui un barreau de fer doux ; le courant d'induction est recueilli dans un circuit enroulé autour des pôles de cet aimant. Gaiffe combine le type de Clarke et celui de Page ; Duchenne de Boulogne approprie l'instrument à l'usage médical ; mais aucune application industrielle n'en est faite avant 1849.

A cette date, un professeur belge, Nollet, conçoit un projet grandiose : il veut décomposer l'eau par de puissantes machines et employer les gaz ainsi obtenus à l'éclairage public ; à cet effet il fait construire une machine nouvelle. Des aimants sont disposés en couronne et radialement autour d'une roue qui porte les bobines induites : celles-ci se présentent tour à tour devant les pôles des aimants, et les courants induits qui les traversent sont recueillis sur l'axe. Construit par la Société de l'Alliance, ce générateur en a gardé le nom ; M. Van Malderen l'a perfectionné, et la machine devenue excellente a survécu aux idées de son inventeur. Les projets de Nollet sombrèrent car ils reposaient sur une idée fausse ; mais soyons assurés qu'ils renaîtront un jour. Au lieu d'employer les gaz de l'eau à l'éclairage, on les recueillera sous pression pour emmagasiner de l'énergie. M. Ayrton calcule en effet qu'un pied cube de ces gaz, comprimés à 30 atmosphères, représente le travail de 40 chevaux pendant une heure (1) : il est

(1) Lecture faite à Sheffield, le 23 août 1879.

donc possible de faire ainsi des approvisionnements de force, et d'utiliser les chômages des appareils à lumière beaucoup mieux qu'on ne saurait le faire en chargeant des piles secondaires de Planté. Le malheureux Nollet a été bien près du succès et de la fortune ; pour le moment nous lui devons d'avoir produit industriellement de l'électricité.

En 1854, la maison Siemens et Halske de Berlin construit un nouveau générateur, destiné à l'industrie. La bobine induite présente une forme nouvelle ; elle est longue et de faible diamètre. Le fil est enroulé parallèlement à l'axe dans la gorge d'un cylindre de fer en double T. Cette bobine est un type qui a été souvent employé depuis lors et que nous retrouvons dans les générateurs les plus récents. Il présente l'avantage de rapprocher l'induit de l'aimant, et par conséquent de multiplier l'action inductrice et de supprimer les retards qu'éprouve cette action. On ne saurait aller trop loin dans cette voie, car la puissance du générateur peut être singulièrement augmentée de la sorte; de plus la vitesse de rotation de la machine peut être accrue, et par suite la force électromotrice. C'est qu'en effet, les premières machines électromagnétiques ne pouvaient dépasser une certaine vitesse, ainsi que l'ont démontré Verdet et plus tard MM. Mascart et Angot (1). Une machine de Clarke par exemple, étant fermée sur un circuit très conducteur, produit un courant dont l'intensité est d'abord croissante avec la vitesse, mais qui passe par un maximum et décroît rapidement si la vitesse dépasse une certaine limite ; le courant change même de sens et repasse par un maximum du côté opposé si la vitesse continue d'augmenter. Ce phénomène extrêmement curieux tient uniquement à la lenteur de l'action inductrice ; le constructeur a donc grand intérêt à rendre celle-ci instantanée, et il paraît obtenir ce résultat en augmentant la puissance et l'étendue du champ magnétique.

(1) *Œuvres de Verdet*, t. I, et *Journal de physique*, t. VII, page 376.

Mais ce n'est pas sans de sérieuses difficultés. On a cru les tourner avantageusement en substituant aux aimants des électro-aimants alimentés par une machine magnéto-faradique spéciale. La puissance des aimants ordinaires peut être considérablement dépassée par les électro-aimants et l'action inductrice de ces derniers est extrêmement grande ; leur emploi est donc légitimé par la théorie. La pratique a du reste confirmé ces vues, et l'on ne construit plus guère aujourd'hui que des machines dynamo-électriques.

La première parut à l'exposition de 1867 : elle était présentée par M. Wilde. L'inducteur était excité par une machine séparée. Ladd eut l'idée d'utiliser la trace du magnétisme rémanent dans les inducteurs pour amorcer sa machine, et il disposa les électro-aimants dans le circuit même du conducteur extérieur; il créa de la sorte un second type de générateur dynamo-faradique. Enfin M. Wheatstone introduisit les électros en dérivation sur le circuit principal en couvrant les bobines d'un fil très fin : c'est le troisième type, peu employé jusqu'ici, mais que M. Lauckert a étudié spécialement et dont il a démontré l'excellence (1). Dans les générateurs de ce genre l'intensité diminue lentement quand la résistance augmente, et la force électro-motrice augmente avec la résistance du circuit ; je ne doute pas que le dispositif de Wheatstone ne soit bientôt employé de préférence à tous les autres.

Je n'ai point encore parlé de la plus célèbre des machines électriques, celle de M. Gramme. Elle a paru en 1870, et a conquis aussitôt tous les suffrages des savants et toutes les préférences de l'industrie. Est-il nécessaire de décrire cet anneau de fil de fer, servant de noyau aux bobines de fil conducteur, qui tournent entre les pôles d'un aimant? Ce générateur a été publié même par les journaux illustrés et

(1) Société royale de Londres, 4 mars 1880.

je crois inutile d'insister sur les détails, si remarquables du reste, du collecteur et du balai. Remarquons seulement que M. Gramme construisit d'abord des machines magnéto-électriques, mais que dès 1872, il recourut aux électro-aimants, qu'il introduit maintenant dans le circuit de l'induit, selon le second type des appareils dynamo-électriques. La machine est donc *auto-excitatrice*.

L'immense succès de M. Gramme a provoqué depuis 1873 l'éclosion de nombreux types nouveaux ou prétendus nouveaux ; voici les noms des principaux inventeurs : MM. William Siemens, Lontin, Holmes, Brush, Maxim, Demoget, Wallace-Farmer, Arnoux-Hochausen, Rapieff, Weston, Burgin, Edison, de Meritens, Schuckert et Trouvé. Cette dernière machine est du 5 juillet dernier, mais elle ne sera certainement pas la plus récente au moment où paraîtra ce travail ! Il faut renoncer à décrire ces générateurs divers ; peut-être même serait-il parfois difficile de dire ce par quoi ils diffèrent les uns des autres ; que le fameux Edison lui-même me permette de déclarer que son générateur, tant vanté par ses amis, est un composé des machines Siemens et Gramme. Tous les générateurs peuvent être compris dans les quatre ou cinq types décrits ci-dessus. En combinant diversement les détails des uns et des autres, on réussit à spécialiser les engins, à les adapter à certains usages, mais on ne crée plus de modèle vraiment nouveau. Nous assistons à un travail d'appropriation ; c'est l'intérêt industriel qui inspire les inventeurs plutôt que le feu sacré de la science. De cette lutte peuvent sortir, il est vrai, des perfectionnements réels : ainsi, on nous annonce que Siemens a pu atteindre 1400 tours, que le générateur Burgin ne s'échauffe pas, et que la machine Brush a donné 800 volts. Ces résultats sont sujets à caution, et j'ai peine à admettre le rendement de 98 0/0 annoncé aux deux mondes par les hérauts d'Edison. Cependant il faut reconnaître de sérieux progrès, et la hâte fébrile avec laquelle on produit sans cesse des moteurs nouveaux peut faire dé-

couvrir des filons inconnus que l'on exploitera au plus grand bénéfice de la science et de la société.

Telles sont les sources qui permettent de produire industriellement l'électricité : je dois à la vérité d'en signaler une troisième espèce, qui n'est guère encore représentée que par un seul modèle, mais dont on peut attendre beaucoup ; je veux parler de la pile thermo-électrique de Clamond.

En 1870, MM. Mure et Clamond inventèrent une pile métallique, dont les éléments étaient formés d'une lame de fer et d'un barreau d'antimoine et zinc ; ces éléments étaient disposés en couronne, soudures paires à l'intérieur, impaires à l'extérieur, les premières chauffées par un bec de gaz, les secondes refroidies par l'air ambiant. En superposant plusieurs couronnes, on forme une pile dont la tension peut facilement égaler celle d'un Daniell.

Or, il n'y a pour ainsi dire pas de limite au nombre des éléments. M. Clamond a présenté, le 5 mai 1879, à l'Académie des sciences un générateur d'un mètre de diamètre, composé de 6000 éléments. L'ensemble de cet appareil est semblable à un calorifère, qui peut être chauffé par un foyer ordinaire, à la houille ou bien au coke, suivant le tirage dont on dispose. Une garniture intérieure de fonte protège les éléments contre les coups de feu, et recueille le calorique ; la disposition extérieure de la pile en lames minces contribue à la diffusion de la chaleur. En somme, cet appareil équivaut à 125 couples Bunsen et peut être employé au chauffage des habitations ; c'est éminemment un appareil industriel, qui doit être joint à la série présentée ci-dessus.

Recherchons les avantages particuliers de chacun de ces appareils. La comparaison que nous allons établir repose évidemment sur leur rendement en électricité, envisagé au double point de vue de la quantité et du prix de revient. Mais l'électricité ne se mesure ni ne se pèse : de même que

la chaleur et la lumière, elle n'est qu'un accident, une manière d'être et non une substance, et c'est bien improprement que nous employons ce mot de *fluide*, qui glisse sous notre plume par habitude, mais ne représente plus rien à nos intelligences. Or, il est fort difficile d'apprécier exactement quelque chose d'aussi peu matériel : les électriciens y parviennent cependant grâce à trois unités. Mais un tel désordre s'est introduit dans ces unités qu'il est absolument nécessaire de s'entendre préalablement ; sans nous arrêter aux raisons qui nous font adopter les unités anglaises au lieu d'autres plus répandues, nous exposerons simplement celles qui sont employées dans ce travail.

L'unité de résistance est pour nous l'*ohm*, qui équivaut à 1,049 Siemens et 97,6 mètres de fil télégraphique français.

L'unité de force électro-motrice est le *volt*, qui équivaut à 0,927 Daniell.

Enfin l'unité d'intensité est celle du courant qui traverse un ohm avec une force électromotrice d'un volt : c'est le *weber*. Un courant d'un weber d'intensité dégage par seconde 0,172 centimètres cubes des gaz de l'eau à 0° et 760 $^{m}/_{m}$; ou bien encore il décompose 0,000092 grammes d'eau ; il équivant donc à 0,172 Jacobis.

Nous désignerons les résistances par le symbole R, la force électromotrice, ou différence de potentiel, par E et l'intensité par I : nous supposerons connue la formule de Ohm,

$$I = \frac{E}{R}$$

et celle de Joule relative au travail

$$T = EI = I^2 R$$

Cette dernière a été établie en prenant les unités absolues qui ont servi de base à la définition des unités magnétiques, le mètre, la seconde et la masse du kilogramme. Pour évaluer le travail en kilogrammètres, en fonction

de l'ohm, du volt et du weber, il faut diviser par l'accélération de la pesanteur. Il vient donc

$$T = \frac{I^2 R}{9,81}$$

Or, voici les constantes des piles les plus usitées (1) :

	E	R	T
Pile Bunsen modèle ordinaire rond de 200 m/m de hauteur	1,80	0,24	0,344
Pile Daniell grand modèle rond de 200 m m de hauteur	1,06	2,80	0,010
Pile Reynier modèle rectangulaire de 200 m/m	1,35	0,075	0,619

Le travail disponible dans le circuit extérieur est faible; pour faire un cheval de force, il faudrait 225 Bunsen, 7500 Daniell et 121 Reynier, en admettant que ces piles soient impolarisables, à résistance constante, et théoriquement parfaites, ce qui n'est pas. Or, même dans ces conditions fictives, on paierait au moins 25 francs par heure pour l'entretien des éléments Reynier. Les piles sont donc inapplicables dans l'industrie, et les télégraphes eux-mêmes y renonceront bientôt, quelque insignifiant que soit le travail absorbé par le fonctionnement des appareils. La *Western Union Telegraph Company* a remplacé 4600 éléments au bichromate de potasse par des générateurs Siemens et a réalisé de ce chef une économie de 50 0/0 ; cet exemple est déjà suivi, et l'agence Havas a appliqué des machines Gramme à son service télégraphique.

(1) Ce tableau est emprunté à un travail de M. Émile Reynier : Nouveau modèle de pile énergique et constante sans acide, *Journal universel d'électricité*, II, 289.

Les piles ne doivent donc pas être comprises dans les sources industrielles.

Examinons les sources faradiques au même point de vue, et prenons pour sujet de notre étude le générateur le plus répandu, sinon le plus parfait, celui de Gramme. Le modèle courant de l'industrie désigné par la lettre A, agissant sur un circuit de résistance égale à sa résistance intérieure, qui est d'environ 1,6 ohm en marche, développe 158,5 volts dont l'équivalent en travail est d'au plus 4 chevaux. Il produit le même effet, d'après M. Hospitalier (1), que 553 éléments Bunsen de 180 m/m, groupés en 79 séries de 7 en batterie, et cela à un prix que j'estime au moins 120 fois moindre, en évaluant en détail tous les frais de l'une et de l'autre installation. Cette énorme différence ne peut être contestée, et on peut s'en rendre compte bien simplement en comparant les deux sources. En effet, on brûle du zinc dans une pile tandis que le moteur qui actionne la machine Gramme consomme du charbon ; or, à égalité de poids, le zinc coûte 25 fois plus cher que le charbon et il contient 6 fois moins d'énergie utilisable ; de plus, le rendement des deux appareils est presque le même. Le rapport de 1 à 120 est donc largement justifié ; ajoutons qu'il est applicable à la plupart des générateurs faradiques.

La concurrence a suscité dans ces derniers temps entre les constructeurs des machines magnéto et dynamo-électriques de longues discussions sur la valeur relative de ces deux genres d'appareils. Il est difficile de les trancher, alors même qu'il serait possible de rester absolument impartial. Cependant je ne peux me dispenser de donner un avis *scientifique* dans cette brûlante question ; il sera extrêmement bref. Les machines magnéto-électriques sont de construction robuste; marchant à une vitesse modérée, elles

(1) Ces chiffres sont donnés par la *Lumière électrique*, journal publié sous la direction de M. Du Moncel : parfaitement renseigné et savamment écrit, ce journal nous a fourni de précieux éléments.

exigent très rarement des réparations, et l'appareil du phare de la Hève ne s'est pas dérangé depuis l'année 1863 ; de plus, elles donnent un rendement un peu supérieur aux autres. Par contre, elles sont coûteuses et encombrantes. Les machines dynamo-électriques sont au contraire renfermées sous un moindre volume, parce qu'elles sont plus puissantes ; cela tient à ce que leur vitesse limite est beaucoup plus considérable, car la force électromotrice est proportionnelle à cette vitesse. Il en résulte qu'elles sont moins coûteuses. Par contre leur courant est moins constant et moins régulier ; cependant on leur donne aujourd'hui généralement la préférence.

Quoi qu'il en soit, les générateurs faradiques sont des sources éminemment industrielles ; c'est par eux qu'il convient de produire l'électricité nécessaire à la transmission de la force motrice à distance. On transformera donc l'énergie mécanique en énergie électrique : l'opération est simple, puisqu'il suffit de commander le générateur par une courroie ou un câble ; elle est économique, attendu que le kilogrammètre s'obtient à bas prix par les moteurs thermiques. De chaleur en électricité, le chemin n'est pas direct; et cependant le résultat est excellent; témoin ce fait dûment constaté par les compagnies du gaz elles-mêmes : un kilogramme de charbon donne 225 litres de gaz et fournit un carcel et demi de lumière; le même kilogramme fournit à un moteur 21 kilogrammètres et produit 30 carcels de lumière électriqne.

Un seul concurrent pourrait disputer aux machines faradiques le noble rang qu'elles ont acquis : c'est la grande pile de M. Clamond. En effet, le modèle de 6000 éléments donne 218 volts, soit 156 kilogrammètres, au prix de 9 kilogrammes de coke par heure. Ce résultat est extrêmement remarquable et il promet un bel avenir à ce nouveau générateur, dont l'avantage le plus marqué est de supprimer tous les termes intermédiaires.

II

CONDUCTEURS.

La transmission de la force motrice à distance par l'intermédiaire de l'électricité suppose la transmission de l'énergie électrique : nous sommes donc amenés à nous occuper de la conductibilité électrique.

Une double étude s'impose à nous : le fait de la conduction devra être examiné d'abord indépendamment du générateur d'électricité ; puis nous aurons à analyser les phénomènes complexes que présente l'ensemble du générateur et du fil extérieur. L'importance d'un bon équilibre entre la résistance du circuit extérieur et celle du circuit intérieur est considérable, et je veux en donner une preuve immédiate en rapportant les expériences faites en 1872 par les ingénieurs de Trinity-House au phare de South-Foreland. Les machines sont à 694 pieds du phare : la résistance du câble de jonction étant d'abord de 0,3 ohms, on la diminua dans le cours des observations; on essaya aussi deux générateurs, celui de Holmes d'abord qui est très résistant, puis celui de Siemens qui donne moins d'un ohm. Or, voici les pertes qu'on observa :

	Câble résistant.	Câble moins résistant.
Générateur résistant . . .	16,0 %	66,1 %
Id. moins résistant	43,4	23,0

Ces résultats sont paradoxaux en apparence, bien que justifiés dans une certaine mesure par la théorie. Nous y reviendrons après avoir déterminé la nature des conducteurs qu'il convient d'employer.

La conductibilité d'un fil métallique dépend de la nature du conducteur et de ses dimensions.

Les corps ont la propriété de transmettre les courants

avec une facilité plus ou moins grande. Les métaux sont les plus conducteurs et l'argent est à leur tête : le pouvoir de l'argent étant représenté par 100, celui du cuivre est de 99,55 et celui du fer de 16,81; l'usage du cuivre est donc imposé. Les résines sont au contraire faiblement conductrices : le caoutchouc l'est vingt fois moins que la gutta-percha, qui convient cependant fort bien encore comme isolant.

Ohm a démontré que, pour un conducteur de nature déterminée, la résistance est proportionnelle à sa longueur, et en raison inverse de sa section, c'est-à-dire de la surface de la tranche que l'on obtiendrait en le coupant perpendiculairement à son axe ; cette résistance est de plus, en valeur absolue, inversement proportionnelle à la conductibilité du corps. Il résulte à l'évidence de ce qui précède qu'on peut toujours compenser une augmentation quelconque de distance par les dimensions transversales du conducteur ; la distance à laquelle le courant peut être transmis est donc réellement indéterminée. A Londres, une machine placée à Charing Cross fournit à Victoria la force nécessaire à 60 lumières ; or, les deux stations sont distantes de 2383 yards, et la longueur totale du fil dépasse 3,30 milles, soit 5310 mètres (1). C'est donc un rayon en dedans duquel on peut aisément fournir le courant amené d'un point central.

La fabrication des conducteurs est devenue une industrie considérable ; les types de câbles sont nombreux et fort différents suivant les conditions des installations. On y trouve toujours un ou plusieurs fils de cuivre, revêtus de gutta-percha, quelquefois entourés de bandes de caoutchouc, et protégés extérieurement par une tresse de fil métallique. Les conducteurs adoptés à Paris pour l'éclairage sont formés de 7 fils de cuivre d'un millimètre de diamètre, noyés dans la gutta-percha et entourés de caout-

(1) *Engineering*, 19 décembre 1879.

chouc : leur résistance est de 3 ohms par kilomètre courant. Le calcul de la résistance se fait sans peine, grâce à un tableau publié par M. Bonis, que je crois utile de reproduire ici en partie : il permet de déterminer très rapidement le poids en cuivre et la résistance d'un fil composé quelconque dont on connaît les éléments.

Fil de cuivre Diamètre.	Longueur au kilogramme.	Résistance par kilomètre.
0,m/m1	14369m	2113 ohms.
0, 5	576	85 »
0, 8	226	33 »
1, 0	144	21 »
1, 5	64	9,2 »
2, 0	36	5,3 »
3, 0	16	2,4 »

M. Menier, manufacturier à Paris-Grenelle, a eu l'obligeance de me transmettre les données d'un câble à deux conducteurs concentriques qu'il construit avec succès pour l'éclairage. Ce câble, de son invention (breveté), est composé : 1° de 48 fils de cuivre étamés d'un demi-millimètre ; 2° d'un ruban caoutchouté ; 3° de 48 fils semblables aux précédents ; 4° d'un nouveau ruban caoutchouté, et 5° d'une tresse de fil à voile. Sa résistance est de 1,76 ohm.

Pour les transmissions de force motrice le même constructeur propose les deux types suivants :

Type A. — 98 fils de cuivre étamés de 1,14 m/m de diamètre; deux couches de caoutchouc et un ruban croisé ; diamètre total, 21 m/m.

Type B. — 60 fils de cuivre étamés de 0,8 m/m de diamètre ; deux couches de caoutchouc et un ruban croisé ; diamètre total, 13 m/m.

Ce dernier fil a une résistance de 1,1 ohm et son diamètre n'est cependant pas exagéré ni sa rigidité trop grande. Le problème de la conduction du courant est donc

parfaitement résolu. L'isolement du fil peut être considéré comme parfait, et on évalue à un demi pour mille la perte du courant par kilomètre, dans les conditions de température les plus défectueuses. Ce déchet est assurément négligeable.

La faible résistance du circuit réduit d'autre part au minimum la perte due au *frottement* électrique dans le conducteur. Cette perte est égale au produit I^2R du carré de l'intensité du courant par la résistance du conducteur ; ce produit a une valeur faible dans les installations qui ont la lumière pour but, parce que R est petit ; mais il est à peu près négligeable dans les transmissions d'électricité en vue d'une production de force, parce qu'alors I est très voisin de zéro, ainsi que nous le verrons dans la suite. En tous cas, le prix du transport de l'énergie électrique est extrêmement réduit et de ce chef la transmission de la force peut être considérée comme gratuite. On m'objectera peut-être certains cas où une augmentation de longueur du circuit a entraîné une perte notable. Ainsi aux ardoisières d'Angers, une variation de distance de 350 mètres sur 1135 entre les lampes et la source a fait perdre près de 30 % ; c'est uniquement parce que les conducteurs étaient de section insuffisante, car il est entièrement vrai de dire que tout allongement du fil peut être compensé par une augmentation de diamètre.

Cette augmentation est imposée du reste par une autre considération relative à la chaleur dégagée dans le conducteur. Quel que soit le but qu'on se propose, il faut éviter que le fil ne s'échauffe, car chaleur, électricité et travail sont choses équivalentes, et toute manifestation thermique s'opérerait au détriment du travail disponible dans le circuit (1). Or la chaleur dégagée est proportionnelle à la résistance que rencontre le courant en chaque point ; le conducteur doit donc présenter une résistance minimum.

(1) Cette question a été traitée dans un précédent travail, Phénomènes thermiques et électriques, *Revue des questions scientifiques*, t. III, p. 203.

Telles sont les conséquences logiques de ce qui précède ; toutefois, ne les étendons pas aveuglément. Je n'ai encore envisagé la question qu'à un point de vue absolument général, sans tenir compte des relations du générateur et du conducteur.

Or, il se peut que les faits ne répondent point aux lois simples que nous formulerions après un examen incomplet. Il faut donc recourir au contrôle de l'expérience ; c'est ce qui a été fait à South-Foreland, et nous avons déjà signalé ce singulier résultat d'un câble moins résistant occasionnant une perte plus grande sur le rendement d'un générateur Holmes. Ce point doit être élucidé.

Une force électromotrice étant donnée absolument constante, l'intensité du courant qu'elle fournit à travers un conducteur de résistance R est égale à $\frac{E}{R}$ d'après la loi de Ohm. Or, si on maintient la vitesse d'un générateur faradique rigoureusement constante, de manière à conserver une même différence de potentiel entre les deux bornes de l'appareil, mais que l'on fasse varier la résistance du circuit extérieur, on observe que l'intensité du courant ne répond pas à la formule de Ohm. Pour une résistance très faible ou très grande, le phénomène perd toute régularité. De quoi dépend cette exception ? On ne peut l'expliquer, si on n'admet pas que la production d'électricité et la quantité de travail utilisable ne sont pas constantes. En effet, la puissance du générateur diminue par la résistance ; vient-on à réduire au contraire la résistance au-dessous d'une valeur déterminée, on voit encore la puissance diminuer ; dans ce cas l'intensité du courant peut devenir nulle, le travail utilisable est lui-même réduit à zéro, et tout le travail dépensé à faire mouvoir le générateur se transforme en travail intérieur ; par suite ce générateur s'échauffe, ses balais brûlent, les mastics coulent et l'appareil se détériore. La puissance du générateur passe donc par un maximum quand on fait varier la résistance extérieure d'une manière continue : il y a par suite un certain

équilibre à établir entre la résistance intérieure de la source et celle du circuit extérieur, pour se placer dans de bonnes conditions d'économie et de sécurité. Il s'agirait de trouver une formule exacte exprimant ces conditions.

Les praticiens se sont attachés surtout à modifier les générateurs dans le but d'augmenter la sécurité de leur fonctionnement. Dernièrement M. Lauckert montrait que le troisième type des machines dynamo-électriques corrige les défauts signalés ci-dessus. Cette affirmation doit être scrupuleusement contrôlée, car elle est d'une importance extrême. Elle mettra sans doute les électriciens sur la voie de perfectionnements considérables pour les générateurs. Les théoriciens ont, au contraire, abordé les difficultés de front, et ils ont proposé leur solution en procédant de ce théorème bien connu : Le travail utilisable dans le circuit extérieur d'une source d'électricité est maximum quand la résistance extérieure est égale à la résistance intérieure. Cet énoncé est d'une netteté parfaite ; cependant l'application n'en est pas aussi simple qu'on le croit d'abord. En réalité, il s'agit de déterminer les résistances intérieure et extérieure, et de les égaler.

Mais d'abord, quelle est la résistance d'un générateur? La formule de Ohm permet de la calculer en fonction de la longueur et de la section du fil qui constitue la bobine induite. Supposons ce calcul fait ; on possède le premier élément pour réaliser les conditions de rendement maximum. Le tableau ci-dessous, relatif aux deux types extrêmes adoptés par M. Gramme, est complet à cet égard.

	Générateur de quantité.	Générateur de tension.
Résistance intérieure en ohms	1,20	4,58
Résistance extérieure	1,14	4,00
Résistance tota e	2,34	8,58
I en webers	29,67	17,51
E en volts	81,58	158,50
T en kilogrammètres	243,0	277,0
Vitesse en nombre de tours	797	967

La question paraît donc résolue, et il semble qu'il ne soit pas nécessaire d'être grand clerc pour s'assurer toujours un rendement maximum et une sécurité parfaite. Mais n'oublions pas que la résistance du générateur déterminée par le calcul ne correspond nullement aux résistances réelles des appareils en mouvement. On est obligé de les déterminer directement, parce que les déplacements relatifs des organes modifient leur capacité électrique et leur conductibilité, et encore faut-il tenir compte des variations de température et de toutes les inductions accidentelles, y compris celle de la terre. M. Cabanellas a tenté de le faire sur un générateur Gramme, et il a constaté une augmentation de résistance de 25 p. c. pour une vitesse de 450 tours, la température restant constante ; de ce chef, l'augmentation serait d'au moins 20 p. c., d'où une variation totale de 45 p. c. ; mais ce chiffre est incertain. La résistance vraie d'un générateur en mouvement nous échappe donc.

Que dirai-je de la résistance extérieure ? Certes, s'il ne s'agissait que de calculer les éléments d'un fil, toute difficulté serait écartée ; mais le conducteur aboutit nécessairement à un appareil spécial, destiné à utiliser l'énergie électrique, dont la résistance varie avec la vitesse et avec le travail qu'il effectue. La résistance extérieure est donc variable à tout moment, et nous sommes ici encore embarrassés dans l'application de notre formule. Bref, il est fort difficile d'égaliser les résistances.

Une considération accessoire vient d'ailleurs se superposer aux précédentes. Il faut absolument prévoir le cas où le moteur serait au repos ; or, dans cette occurrence, toute la résistance extérieure est constituée par le fil : il faut donc se garder de réduire sa résistance à une valeur trop faible, si on ne veut pas exposer le générateur à une destruction certaine.

En dernière analyse, on doit se contenter de larges approximations : le générateur est choisi pour le circuit, et le

circuit se calcule pour le générateur. On s'impose seulement de ne pas rendre le conducteur trop résistant, ni trop peu, pour les raisons énoncées ci-dessus ; la pratique guide encore mieux l'ingénieur que la théorie, j'en fais l'aveu à regret.

III

ÉLECTROMOTEURS.

Nous avons vu comment se produit et par quel canal se transmet l'énergie électrique ; il nous reste à étudier les appareils employés à reconstituer le travail. Ainsi sera résolu le problème de la transmission de la force à distance.

On a dit avec beaucoup d'esprit et infiniment de raison que les inventeurs de moteurs électriques sont cousins germains de ceux qui rêvent le mouvement perpétuel. En effet, que de génie s'est dépensé dans cette recherche, que d'efforts, et cependant quels minces résultats ! Le moteur Larmenjat coûtait 3 francs 15 centimes par cheval et par heure ; celui de Molin et Allan coûtait cinq fois plus ; le meilleur de tous fut le moteur Roux, qui donnait 75 kilogrammètres au prix de 1 franc 60 centimes : or, un moteur à gaz coûte par cheval au plus 40 centimes, consommation, surveillance, graissage, usure et amortissement compris. Et cependant la théorie indique pour les électromoteurs un rendement bien supérieur à celui des moteurs thermiques ; malheureusement le combustible zinc coûte vingt-cinq fois plus cher que le combustible charbon. Les électromoteurs paraissaient donc condamnés ; tout au plus trouvaient-ils une application dans certains cas spéciaux, où on emploierait avec avantage par exemple le nouveau moteur Marcel Deprez, qui pèse 3 kilogs., couvre 3 décimètres carrés, et produit avec 5 Bunsen 1,10 kilogrammètre, avec une vitesse de volant égale à 90 tours. Mais

ces merveilleux petits engins paraissent faits pour les machines à coudre ; l'industrie ne peut les utiliser.

Les recherches paraissaient arrêtées et les inventeurs découragés, lorsqu'en 1873 MM. Planté et Niaudet démontrèrent qu'une machine Gramme, actionnée par de forts courants, peut fournir un travail relativement considérable et bien supérieur à celui de tous les autres électromoteurs. En d'autres termes, les machines faradiques sont réversibles, et également propres à transformer le travail. Dès lors, tous les générateurs deviennent des moteurs, par un simple renversement des rôles ; nous les avons donc tous décrits en étudiant les sources faradiques. Il suffira d'y adjoindre un commutateur, pour renverser le sens de la marche du moteur, et un régulateur de vitesse pour suffire à tous les besoins d'un service industriel. Je me contenterai de signaler le commutateur Hopkinson et le régulateur Deprez (1) : ils me paraissent excellents.

Une différence est à constater cependant entre l'appareil générateur et l'appareil moteur. Bien que décidé à traiter la question du rendement dans le paragraphe suivant, je crois nécessaire de consigner ici même une propriété spéciale au moteur : son rendement est, d'après M. Marcel Deprez, indépendant de la résistance du circuit extérieur. Ce fait étrange peut être expliqué. En effet, ne voyons-nous pas dans un circuit, comprenant une pile et divers électrolytes, le nombre d'équivalents dissociés dans *chaque* voltamètre toujours égal au nombre d'équivalents consumés dans la pile, quelle que soit la résistance du circuit extérieur? Ce fait, signalé par Faraday, est hors de doute ; nous devions le retrouver dans les transmissions de force, et nous pourrons l'expliquer de même. La théorie n'en est pas aisée, je me plais à le dire à certains auteurs qui traitent la question de haut ; cependant elle est faite. Daniell avait depuis longtemps signalé ce qu'il y a de paradoxal

(1) *Journal universel d'électricité*, 1er mai 1880.

dans le phénomène ; je crois que le mérite de l'explication revient à M. Hirn, à qui je me vois obligé de renvoyer le lecteur, me bornant à prendre note de l'observation de M. Deprez et à déclarer qu'elle n'a que l'apparence d'un paradoxe (1).

IV

RENDEMENT.

En décrivant les organes essentiels d'une transmission de force motrice à distance, nous avons eu l'occasion de formuler déjà quelques considérations théoriques sur le fonctionnement des générateurs et des moteurs. Cette étude préparatoire nous a révélé de sérieuses difficultés, que la science n'est à même de résoudre qu'en s'éclairant des lumières de l'expérience. Le calcul a une importance considérable dans les applications électriques, mais il ne faut pas songer encore à résoudre toutes les difficultés à l'aide de ce puissant instrument ; les théories électriques ne sont pas établies sur des bases aussi certaines que les théories de la lumière et de l'acoustique ; elles attendent encore leur Fresnel. D'ici là, les savants seront à la remorque des expérimentateurs ; ces derniers tiennent entre leurs mains les destinées de la science, qui leur demande des éléments numériques d'une rigueur absolue pour en faire le point de départ de ses calculs. C'est ainsi que l'astronomie d'observation a préparé la mécanique céleste.

Pour le moment, il faut se contenter d'une méthode mixte, et la théorie et l'expérience doivent se donner la main pour marcher à la découverte de l'inconnu. Nous essaierons d'utiliser le concours de ces deux compagnes pour déterminer le rendement des transmissions de force. Le travail

(1) *Exposition analytique et expérimentale de la théorie mécanique de la chaleur*, par G.-A. Hirn, t II, pages 365 à 400, 3e édition, 1876.

déjà cité de MM. Mascart et Angot, un mémoire de M. Cabanellas (1) et les traités de physique nous serviront à atteindre notre but, qui est de donner un coefficient moyen de rendement, et d'indiquer aux ingénieurs les relations qu'il convient de ménager entre le générateur, le conducteur et le moteur pour réaliser une installation économique.

La théorie élémentaire nous fournira notre point de départ : Quel que soit le générateur, le travail disponible dans le circuit extérieur sera maximum lorsque la résistance extérieure du conducteur sera égale à la résistance intérieure de la source.

Ce théorème si net n'est pas d'une application facile, par suite de l'impossibilité pratique déjà signalée de déterterminer la résistance d'un générateur en mouvement. L'expérience devait venir au secours de la théorie. Des recherches ont été entreprises par MM. Hopkinson, Mascart et Angot, Lauckert et Hospitalier ; elles ont une valeur également grande et concordent parfaitement. Nous emprunterons quelques chiffres au travail de M. Hospitalier, qui a opéré sur une machine de Gramme (2).

La vitesse du générateur fut maintenue à 1000 tours ; au repos il présentait une résistance intérieure de 1,185 ohm. Voici les résultats qui furent observés.

Résistance totale en ohms	3	4	5	7	9
E	102 volts	101	82	14	11
I	40 webers	28	15	3	1
Travail transformé en électricité.	88 kgms	62	26	3.5	1,5
Travail disponible dans le circuit intérieur.	44 kgms	39	18	2.7	1,2
Rendement.	0,50	0,62	0,70	0,78	0,82

Au delà de 4 ohms de résistance totale, la force électromotrice, l'intensité, le travail transformé et le travail dis-

(1) Conf. : *La lumière électrique*, t. I, nos 2, 3, 4, 5 et 6 ; *Journal de physique*, loc. cit.; Traités de MM. Desains, Jamin, Verdet, Wüllner.
(2) *La lumière électrique*, 15 septembre 1879.

ponible diminuent ; seul le rendement augmente. La force électromotrice passe par un maximum, ainsi que le travail disponible ; ce maximum est de 104 volts pour 3,3 ohms, et de 44 kilogrammètres pour 3 ohms de résistance totale. C'est une justification complète de la théorie, si on admet que la résistance vraie du générateur soit d'environ 1,6 ohm, ce qui paraît exact.

Le rendement tend vers un maximum égal à l'unité, mais qui ne peut être atteint que pour une résistance infinie, c'est-à-dire pour une force électromotrice nulle. Ce résultat extrêmement curieux et inattendu fait voir que le maximum de travail utilisable ne répond pas au meilleur rendement, mais qu'en sacrifiant du travail on peut retirer d'un générateur 75 0/0. Il est peu d'appareils aussi parfaits. En pratique, on ne recherchera guère ce rendement, mais il est à conseiller de ne pas le dédaigner, quand on pourra se contenter d'un travail moindre que le travail maximum. Telles sont les conditions de l'expérience suivante :

Résistance intérieure	2,7 ohms
E	107 volts
Travail transformé	273 kilogrammètres
Travail utilisable	179 » »
Rendement	0,65

Remarquons tout de suite que le travail transformé est moindre que le travail dépensé par la machine qui anime le générateur; car le travail absorbé par les résistances passives de l'appareil doit être ajouté au travail transformé, et j'estime cette augmentation à 25 0/0, ce qui élèverait dans le cas présent le nombre de kilogrammètres dépensés à 340 et abaisserait la valeur du rendement à 0,52. C'est encore fort satisfaisant ; une machine thermique n'utilise en théorie que 0,17 de la chaleur dépensée, en supposant même le cycle parfait ; mais de fait on réalise tout au plus 0,18. Les générateurs faradiques ont au contraire

donné 0,52 dans des conditions semblables à celles que j'ai supposées ci-dessus, et en sacrifiant du travail on a obtenu 0,83 d'après Hopkinson, et plus de 0,95 (1) d'après les physiciens de Menlo-Park. Ce résultat n'est pas merveilleux, nous l'avons démontré : le générateur Edison a des inducteurs très puissants, de faible résistance, excités par un courant indépendant ; il permet de faire la résistance extérieure 9 fois plus grande que la résistance intérieure ; cet appareil doit en vérité rendre 0,90, mais combien de travail peut-il fournir ?

En pratique, il faut s'en tenir à un juste milieu, et ne pas sacrifier le travail au rendement. Je crois devoir recommander d'employer une résistance extérieure égale au plus à 1,8 fois la résistance intérieure d'une machine Gramme *au repos*. Dans ces conditions, le rendement est de 0,52 ; enregistrons ce chiffre comme un résultat moyen tout à fait usuel. Je ne doute pas du reste que bientôt on ne le dépasse : les dernières expériences de M. Lauckert à Woolwich sont pleines de promesses en faveur des générateurs dynamo-électriques du troisième type, dont les inducteurs sont montés en dérivation sur le circuit principal. Leur force électromotrice croît avec la résistance sans passer par un maximum. Mais en ce moment ces résultats sont encore des résultats de laboratoire, et il est sage de se contenter de 0,52 de rendement.

Ce point acquis, pénétrons plus avant dans la question.

La résistance extérieure peut être celle d'un corps inerte, tel qu'un fil conducteur, ou bien elle comprend un appareil électromoteur ; ce dernier cas est le plus pratique, mais aussi de beaucoup le plus compliqué. En effet, d'une part, la résistance de ce moteur (qui est un générateur renversé) est variable avec ses conditions de vitesse, de travail et de température ; d'autre part, il s'établit de par ce moteur une force électromotrice, de signe

(1) *Scientific American*, 18 octobre 1879.

contraire à celle du générateur, qui modifie les conditions du problème. Il est bien entendu que cette résistance du moteur est comprise dans celle que nous appelons jusqu'ici la résistance extérieure. A ce point de vue, il est facile d'en tenir compte ; mais l'introduction d'une nouvelle force électromotrice négative exige l'emploi du calcul pour évaluer le rendement définitif en travail.

Soit $+ E$ la force électromotrice du générateur, et $- E_1$ celle du moteur ; appelons R, r, et R_1 les résistances du générateur, du fil conducteur et de l'électromoteur ; enfin désignons par I, l'intensité du courant qui traverse définitivement le système. L'équivalent en travail de la chaleur dégagée dans le circuit est $I^2 (R + r + R_1)$.

Le travail des forces électromotrices est d'autre part $IE - IE_1$, d'où

$$IE - IE_1 = I^2 (R + r + R_1).$$

Donc

$$I = \frac{E - E_1}{R + r + R_1} .$$

Donc

$$IE = \frac{E - E_1}{R + r + R_1} E_1 + \frac{(E - E_1)^2}{R + r + R_1}$$

Cette formule convient à merveille pour représenter ce qui se passe dans le circuit total. Le premier terme est le travail transformé par le générateur; le second le travail effectué par le moteur ; le troisième est le travail perdu par l'échauffement des conducteurs ou des bobines.

Supposons le moteur calé au repos : alors $E_1 = 0$; le travail recueilli au moteur est nul, le travail thermique est maximum. Mais faisons croître E_1 : le travail moteur croît, le travail thermique décroît rapidement; pour la valeur particulière $E_1 = \frac{E}{2}$ le travail moteur passe par un maximum ; au delà de cette valeur, le travail moteur diminue en valeur absolue, mais il augmente en valeur relative par

rapport au travail transformé, car le rapport de ces deux travaux égale $\frac{E_1}{E}$; le rendement est donc croissant, et il tend vers 1.

La discussion qui précède nous révèle un phénomène semblable à celui que nous avons constaté ci-dessus : le travail maximum recueilli au moteur correspond à un rendement égal à 0,50; le rendement maximum, qui peut atteindre l'unité, est réalisé au contraire dans les conditions fictives d'un travail nul. Le rendement supérieur à 0,60 ne s'obtient donc qu'avec un travail utilisable limité : pour 0,65, on recueille au plus $\frac{9}{10}$ du travail maximum ; pour 0,80, environ $\frac{6}{10}$.

Ces considérations, un peu abstraites, vont devenir extrêmement pratiques. Observons en effet que la force électromotrice d'un générateur ou d'un moteur est proportionnelle à la vitesse de rotation. Dès lors, le maximum de travail moteur est obtenu en donnant au moteur une vitesse moitié moindre que celle du générateur; et le rendement maximum est réalisé pour des vitesses égales. Donc, pour obtenir d'un générateur donné le maximum de travail, il faut que la résistance totale soit double de la résistance intérieure du générateur et que de plus la vitesse du générateur soit double de celle du moteur. En augmentant la résistance extérieure ou bien la vitesse du moteur, on améliore le rendement ; il n'y a même pas d'impossibilité théorique à ce que l'on réalise 100 pour 100 du travail transformé.

Somme toute, l'ingénieur dispose absolument du rendement ; il n'est limité que du côté de la quantité absolue de travail utilisable au moteur. Ce n'est qu'en augmentant $E - E_1$ et E_1 qu'il peut recueillir plus de travail, car le terme $\frac{E - E_1}{R + r + R_1} E_1$ est alors évidemment croissant : il y a donc intérêt à employer des générateurs à grande force électromotrice ou à grande vitesse, ce qui revient au même. Aussi bien que pour les générateurs, on ne cherchera pas à retirer

du moteur le maximum de travail, ni le maximum de rendement, mais je crois sage de viser à un rendement d'environ 0,65 à 0,70. Dans ces conditions, nous allons constater une conséquence extrêmement avantageuse de cette disposition. Supposons que le travail résistant vienne à augmenter au moteur : la vitesse de celui-ci diminuera ; mais cette diminution de vitesse fait augmenter le travail absolu qu'il produit ; dès lors il en résulte un nouvel état d'équilibre très voisin du premier et le régime normal se trouve rétabli. Que le travail résistant diminue au contraire au moteur, sa vitesse augmente, le travail diminue, et la vitesse redevient encore constante. En un mot, sans régulateur d'aucune sorte, la vitesse se trouve régularisée parfaitement. Cet avantage tout spécial des appareils électriques mérite d'être signalé.

Une autre conclusion ressort de la discussion que nous avons entreprise. La contre-force électromotrice du moteur venant en déduction de celle du générateur, le conducteur est traversé par un courant dont l'intensité est faible, et dont l'effet thermique est représenté par la formule $\frac{(E - E_1)^2}{R + r \times R_1}$. Dans le cas du rendement maximum, cet effet est nul, nous l'avons constaté déjà, et nous eussions pu le prévoir *à priori ;* en effet, le courant est nul, $E = E_1$, et $I = 0$. La perte thermique ou, ce qui revient au même, la perte due au frottement dans le conducteur, est nulle, et le transport de l'énergie absolument gratuit. Mais c'est une hypothèse fictive ; elle n'est réalisée que si on sacrifie du rendement. Si l'on se propose un rendement de 0,65, le courant est encore faible. Son intensité étant égale à 1 lorsque $E_1 = 0$, devient égale à 0,34 weber ; la perte de frottement est donc faible, alors même que la résistance r du conducteur ne serait pas nulle. C'est donc avec raison que j'ai présenté ci-dessus le transport de l'énergie électrique comme gratuit. Voilà une condition extrêmement avantageuse de la transmission de la force motrice à dis-

tance ; tout en donnant au fil conducteur une résistance suffisante pour préserver le générateur d'un échauffement excessif au moment des arrêts de l'électromoteur, nous n'élevons pas grandement les frais du transport de la force, et nous allions dans une juste mesure l'économie du fonctionnement à la sécurité de l'installation.

En récapitulant toutes ces conditions, il nous faut reconnaître que sous le rapport du rendement, de la régularité, de la sécurité et de la stabilité, la transmission électrique de la force est fort remarquable. Sans être conduit à augmenter outre mesure les dimensions des appareils, l'ingénieur peut transporter plusieurs chevaux de force par l'intermédiaire d'un simple fil, et promettre un rendement final d'au moins $0,65 \times 0,52 = 0,34$; s'il y trouve intérêt, il peut s'engager à rendre 90 pour cent, à la seule condition de restreindre la force utilisable ; il n'est pour ainsi dire point limité par les distances et les organes de transmission ne semblent pas devoir s'user. Certes, ces conditions n'ont encore été réalisées par aucun autre mode de transmission.

Résumons en une formule toutes les conditions qui assurent le succès d'une telle entreprise, avant de quitter le domaine de la théorie ; il faut :

1° Un générateur dynamo-électrique du troisième genre marchant à grande vitesse, produisant une force électromotrice considérable, mesurant beaucoup de fil dans les parties mobiles.

2° Un moteur actionné semblable au générateur, dont la vitesse ne dépasse pas $\frac{65}{100}$ de la vitesse de ce dernier.

3° Un conducteur tel que la résistance totale du circuit extérieur au générateur soit égale à 1, 8 fois celle du circuit intérieur de cet appareil au repos ; tout en satisfaisant à cette condition, le fil sera néanmoins assez fort pour que le transport de l'énergie entraîne une perte minimum.

Ce sont les conditions les plus économiques de la transmission électrique de la force à distance.

V

ESSAIS ET RÉSULTATS PRATIQUES.

Nous pourrions revendiquer pour les conclusions précédentes toute l'autorité d'une théorie indiscutable. Mais il reste quelques points obscurs, et dans ces applications si nouvelles les hommes pratiques demandent aux faits de contrôler les assertions du raisonnement et du calcul ; après avoir entendu et compris, ils veulent voir. Le dernier mot sera donc dit par l'expérience.

Les essais de transmission de force à grande distance ne sont, il est vrai, pas encore nombreux. D'autre part, les installations qui ont été faites dans ce but sont récentes aussi, et elles n'ont pu fournir une assez longue carrière pour imposer aux sceptiques une foi absolue. Cependant les premiers résultats que nous possédons déjà ont confirmé pleinement la théorie, et fourni les garanties de durée et de stabilité qu'on pouvait espérer.

C'est à MM. Chrétien et Félix que nous devons les meilleures expériences. Tous les électriciens compétents de Paris s'étaient donné rendez-vous le 22 mai 1879 à Sermaize (Marne) pour assister à un essai de labourage à l'électricité. Il s'agissait d'utiliser pendant les chômages de la morte saison les puissantes machines à vapeur d'une sucrerie pour travailler les terres qui entourent l'usine. A cet effet, deux machines Gramme avaient été disposées à côté des moteurs et recevaient d'eux le mouvement. L'électricité développée allait par un conducteur de fil de cuivre de 3 millimètres carrés de section à deux machines électromotrices identiques aux premières, situées sur le terrain à 650 mètres de l'usine ; elles étaient montées sur deux forts chariots pesant deux tonnes environ, qui marchaient sui-

vant les côtés du rectangle de terrain mis en labour. Ces chariots portaient deux tambours sur lesquels s'enroulait un câble d'acier auquel était attachée une charrue double Brabant, qui traçait un sillon de 220 mètres environ entre les deux chariots; un des moteurs commandait l'aller, l'autre le retour.

Le travail effectué était d'au moins 3 chevaux, pour une vitesse de 40 mètres à la minute; le rendement fut de 0,50 et les spectateurs furent satisfaits de l'épreuve; les journaux en témoignèrent tous. La même épreuve fut répétée à 2000 mètres de l'usine avec le même succès : la section du conducteur avait été portée à 7 millimètres carrés; le fil précédemment employé eût été trop résistant dans ce cas, et la perte de travail eût été considérable. Encouragés par le succès, MM. Chrétien et Félix ont enfin combiné divers appareils pour le battage, le hersage, le sarclage et l'ensemencement; des cabestans et des grues ont été actionnés par l'électricité ; une élinde transborda 4000 tonnes de betteraves, et il fut constaté que la transmission de force par l'électricité était économique et bien préférable à l'emploi des locomobiles.

Ces expériences ont été répétées le 5 octobre 1879 par M. Menier en son usine de Noisiel : une charrue Fowler à 6 socs fut mue à 700 mètres de l'usine avec une vitesse d'un mètre à la seconde en utilisant la force disponible des turbines de l'établissement. Le résultat fut assez satisfaisant pour qu'une commande de 4 générateurs spéciaux ait été faite à M. Gramme ; chacun d'eux transforme 9 chevaux en électricité. Le modèle a été bien simplifié et on a cherché à le rendre aussi robuste que rustique : le bâti est formé d'une seule pièce de fonte enveloppant les organes essentiels de la machine ; au lieu de deux pôles, cet appareil en présente quatre et autant de frotteurs. Le diamètre de l'anneau est considérable, ce qui facilite l'enroulement du fil et augmente la vitesse de chaque élément de la bobine pour un nombre de tours déterminé ; la puissance du gé-

nérateur en est considérablement augmentée, car elle dépend uniquement de la vitesse des déplacements relatifs des éléments de l'inducteur et de l'induit ; c'est uniquement dans ce sens qu'il faut entendre ce mot de vitesse dont j'ai usé jusqu'ici en parlant des machines faradiques, le nombre de tours ne caractérisant pas leur vitesse si on ne possède pas toutes les données de leur construction. Ces nouveaux générateurs sont destinés aux transmissions de force, et ils répondent aux conditions qui ont été énoncées plus haut.

Ce n'est pas à l'agriculture seulement que convient ce nouvel agent de transmission. Il peut être appliqué avec le même succès aux industries fixes, pour utiliser la force d'une chute ou d'un puissant moteur. On a signalé à Greenwich l'établissement *Shaw's Water Chemical Works*, où deux machines Siemens font mouvoir à 150 yards une scie circulaire, un tour et une machine à percer. A l'Institution Royale de Londres, la force motrice fournie par un petit moteur à gaz est transmise dans les soubassements de l'édifice à une scie circulaire. Enfin une locomotive dynamo-électrique est employée au transport du charbon dans les mines de Coitbus (Westphalie).

Le chemin de fer électrique de Berlin nous offre une application du même genre, à laquelle est réservé le plus grand avenir. Exposé à Berlin et à Bruxelles, dépeint par les journaux, il est très connu et une description sommaire sera suffisante : c'est un *elevated railway* placé en bordure de chaque côté du trottoir, à 5 mètres de hauteur, sur de fortes colonnes de fonte. Une machine électrique centrale dessert 10 kilomètres de voie ; le courant suit un rail, pénètre dans la locomotive qu'il rencontre sur la voie par une roue, traverse l'électromoteur, redescend par l'autre roue et retourne à la source.

La locomotive se meut sous l'action de ce courant. Un simple interrupteur produit la marche ou l'arrêt, un commutateur, le changement de sens. La résistance du rail

est de 0,2 ohm par kilomètre : l'expérience a montré que l'intensité du courant varie si peu avec les déplacements de la voiture électrique, qu'elle est actionnée de même quelle que soit sa distance à la source centrale ; sa vitesse est d'environ 20 kilomètres à l'heure. Le force de traction est croissante avec la résistance, et la locomobile peut remorquer 80 kilogrammes en palier et 200 sur un plan incliné. Une des propriétés les plus remarquables que la théorie nous ait enseignée est confirmée de la sorte par l'expérience.

Le Dr Werner Siemens, inventeur de ce chemin de fer électrique, se propose de l'appliquer au transport des paquets de la poste. Nous verrons donc de nouveau les appareils pneumatiques et électriques en lutte, comme ils le sont déjà pour la régulation de l'heure.

Les applications les plus diverses sont à l'ordre du jour : en Amérique, les pompes à incendie ont été mises en mouvement par l'électricité ; aux Indes, le Dr Schwendler la fait actionner les *punkahs* suspendus aux plafonds pour ventiler ; enfin la yole de M. Schlesinger remontait l'autre jour la Seine entre Chatou et Besons sous l'action d'un courant électrique. Tous ces essais ont été couronnés de succès, et M. Chew, un des plus savants ingénieurs d'outre-Manche, disait tout récemment que ce n'est plus un rêve de vouloir utiliser les marées et la chute du Niagara (1).

En effet, la transmission de la force par l'électricité est possible à toute distance, et dans des conditions d'économie qui dépassent en bien des cas les meilleurs résultats obtenus par l'emploi des câbles métalliques. Pour des distances supérieures à 1500 mètres, et, sur des terrains semés d'obstacles, pour une distance moindre, les ingénieurs sont forcés, par la logique, de recourir à l'électricité : un simple fil, dont le prix est d'environ 1 franc 50 centimes le mètre

(1) Rapport lu à la Société des ingénieurs du gaz à Manchester, par M. Chew.

courant, et qui n'est soumis à aucune usure, constitue l'unique organe de transmission! Il est vrai qu'il faut transformer le travail mécanique en énergie électrique, et *vice versa*, mais le rendement de cette opération peut être de 30 à 80 pour cent, suivant qu'on le désire, et une machine de Gramme de 3 chevaux ne coûte déjà plus que 1500 francs; or, ce prix baissera encore par la force des choses. En bien des circonstances, une transmission électrique coûtera donc moins qu'une transmission mécanique; quelquefois elle seule sera possible, et toujours la perte de force et l'usure seront si faibles qu'une économie de tous les instants constituera une prime considérable d'intérêt et d'amortissement.

Telles sont les conclusions de cette étude : elles plaident en faveur des transmissions électriques. Les électriciens devraient consacrer tous leurs soins à cette question, la plus intéressante et la plus actuelle de celles qui leur sont proposées ; c'est pour eux le chemin de la gloire et celui de la fortune. Je souhaite que, lors de son apparition, ce travail soit déjà ancien ; un mois suffit pour réaliser les plus étonnants progrès.

Aimé Witz
Professeur à la Faculté catholique des Sciences de Lille.

LA FIBRILLE MUSCULAIRE

D'APRÈS DE RÉCENTS TRAVAUX.

La science histologique, bien que née d'hier, possède des matériaux considérables et fournit déjà aux autres sciences un secours précieux. Entre tous les éléments qu'elle distingue dans l'organisme, il en est dont l'étude laisse à peu près indifférents les profanes, mais il y en a deux qui ont le privilège d'exciter leur curiosité et de captiver leur intérêt : ce sont les éléments nerveux et musculaire.

Résumant à eux seuls toute la vie animale, c'est-à-dire ce qui fait la supériorité d'un être, ces éléments infimes renferment les problèmes les plus complexes que, dans l'ordre matériel, notre intelligence soit appelée à résoudre, et les innombrables travaux dont ils ont été l'objet prouvent que nous n'avons pas encore renoncé à en avoir la solution. Nous voudrions résumer ici quelques-uns de ces travaux, et exposer rapidement la nature intime et le fonctionnement physiologique de l'élément musculaire, autant que les progrès récents de la science nous permettent de les connaître.

I

Les muscles de la vie animale, auxquels nous bornerons la présente étude, obéissent seuls à la volonté ; et c'est leur donner leur vraie caractéristique que de les appeler *mus-*

cles volontaires. Le nom de muscles striés qu'on s'est plu jusqu'ici à leur attribuer est absolument défectueux, puisqu'un muscle organique, le cœur, est formé de fibres striées. Les muscles volontaires entrent pour une grande part dans la constitution du corps. Tout le monde connaît ces masses charnues qui se groupent le plus souvent le long des os, au voisinage des articulations ou sous la peau, et donnent à l'ensemble de l'être vivant des formes si harmonieuses et si élégantes.

Chacun de ces muscles se divise en plusieurs faisceaux principaux, qui eux-mêmes se subdivisent en faisceaux de plus en plus grêles. L'analyse de la masse charnue peut être ainsi conduite assez loin le scalpel à la main ; et, quand elle lasse la patience de l'anatomiste, le microscope vient lui fournir heureusement les moyens de la poursuivre et de la terminer en découvrant le dernier faisceau, qualifié de *faisceau primitif* ou simplement de *fibre*. Cette fibre à son tour se résout en un certain nombre de petites fibres ou *fibrilles*.

La *fibrille* est l'*élément musculaire :* c'est du moins l'opinion à laquelle nous nous arrêtons et que professent aujourd'hui la plupart des auteurs. Mais il faut dire que cette opinion a subi de nombreuses contradictions avant de triompher définitivement. On a objecté que la striation longitudinale du faisceau primitif ne représentait pas sa structure fibrillaire et n'en donnait que l'apparence. Bowman (1), Remak (2), Brücke (3) et d'autres savants n'ont vu dans la fibrille qu'un produit artificiel, et ont refusé de la considérer comme un élément musculaire. Leydig, à plusieurs reprises (4), s'est rangé à leur avis, que partageait

(1) On the minute structure of voluntary muscle, in *Phil. Trans.* 1840, II ; 1841, I.

(2) In *Froriep's Notizen*, 1845, N. 768.

(3) Ueber den Bau der Muskelfasern, in *Sitzungsber d. Wien. Akad* ,juillet 1857.

(4) V. *Lehrbuch der Histologie des Menschen und der Thiere*, Francfort 1857 ; — *Vom Bau d. thierischen Körpers*, Tubingue, 1864.

d'ailleurs Gegenbaur. « Un fait particulier, dit ce savant anatomiste (1), que présentent certains faisceaux musculaires striés, est la subdivision de chacun d'eux en de nombreuses fibrilles ou fibres primitives. Comme pendant longtemps on les a considérées comme étant les éléments propres du tissu musculaire, on les désignait sous le nom de faisceaux primitifs par opposition aux fibrilles. Cette division longitudinale de la substance contractile n'est *apparente* dans le faisceau à l'état frais que par une striation, et ne doit pas plus être regardée comme l'*état normal* du faisceau vivant que la segmentation transversale en disques. »

Aujourd'hui ces oppositions ont pris fin grâce au progrès de nos connaissances. Mais il est juste de le rappeler, certains savants n'ont cessé de soutenir que la fibrille est l'élément essentiel du muscle, et à leur tête il faut citer l'illustre Kölliker (2).

L'observation des fibrilles a été si souvent faite par les histologistes, et dans des conditions si diverses, qu'il ne leur est plus permis d'en nier l'existence. Leydig reconnaissait d'ailleurs lui-même combien elles sont visibles chez certains animaux, comme les insectes (3). Sans doute il n'est pas également facile de les montrer avec évidence dans les faisceaux musculaires ; mais quel élément anatomique peut-on retrouver identique à lui-même dans tous les tissus qu'il compose ?

Il y a sur ce point des illusions regrettables qu'il faut dissiper. Certains savants n'ont étudié les muscles que sur les animaux supérieurs et les grenouilles, et veulent tirer de leurs travaux une monographie du tissu musculaire. Les moyens ne sont pas proportionnés au but.

Plus nos études s'étendent et se multiplient, plus nous acquérons la conviction que les notions histologiques ne sont fécondes qu'en s'appliquant à toute la série animale,

(1) *Manuel d'Anatomie comparée*, trad. Vogt., p. 41.
(2) *Éléments d'histologie humaine*, 2e trad. franc., p 116,199 201.
(3) *Traité d'histologie comparée*, trad. franç., p 44.

en d'autres termes qu'un tissu doit être observé aux différents degrés de l'échelle vivante pour être exactement connu et défini. Or l'histologie comparée est loin d'être constituée : ses matériaux sont déjà nombreux, mais son champ est si vaste et les directions dans lesquelles ils ont été recueillis ont été souvent si arbitraires, qu'ils sont absolument insuffisants. Nous sommes heureux de voir notre sentiment confirmé par la haute autorité de Kölliker.

« L'histologie, écrit-il, doit approfondir *dans toutes les directions* la structure intime des organismes; et cela non seulement chez l'individu adulte, mais encore à toutes les périodes du développement. Les éléments morphologiques étant complètement connus, il importe de rechercher les lois qui ont présidé à leur genèse, qui ont réglé leur développement ultérieur et qui les ont amenés à leur forme permanente.... Or non seulement l'histologie ne possède pas même *une seule loi*, mais encore les matériaux qui doivent servir à fonder ces lois, sont relativement si insuffisants qu'il est impossible d'en tirer avec certitude un nombre considérable de principes généraux. Non seulement il ne saurait être question d'une connaissance complète de la structure intime des animaux en général, mais il n'est point *un seul être* dont la composition nous soit connue d'une manière parfaite, sans en excepter l'homme, sujet si fréquent de nos investigations... On commence à peine à s'occuper de l'histologie comparée, et eu égard au champ immense qu'elle explore, ce ne sont pas des années, mais des dizaines d'années qui sont nécessaires pour la constituer. Pour accomplir ici quelque chose de fructueux, il faut étudier les formes principales embrassant la structure générale des êtres, depuis les premières phases de leur développement; prendre ainsi un aperçu *sur toutes les divisions du règne animal*, et chercher alors à en déduire les lois (1). »

Les fibrilles offrent des différences notables dans leur

(1) Op. cit., p. 3-4.

constitution et dans leur indépendance : ce fait est incontestable. Une étude attentive démontre que c'est dans la fonction musculaire qu'il faut chercher la cause de ces dispositions anatomiques : nous reviendrons sur ce point intéressant quand nous traiterons de la physiologie musculaire. Mais, puisque la fibrille ne peut pas être également isolée dans tous les cas, il est nécessaire d'étudier ensemble le faisceau primitif et les fibrilles qui le constituent.

Les caractères physiques des muscles sont malaisés à définir. Leur densité est des plus variables, non seulement chez les différents êtres, mais aussi sur un même animal. Ainsi, chez un grand nombre d'insectes, les muscles des ailes sont mous, ceux des pattes sont compacts. La couleur n'est pas moins changeante ; et, chez un même insecte, on constate que les muscles des pattes sont d'un blanc opalin et que ceux des ailes sont jaunâtres. Leydig a observé des muscles jaune brun chez des insectes, et rouges chez certains mollusques (Paludina vivipara, Buccinum undatum). Les muscles des vertébrés sont le plus souvent rouges ; parfois ils apparaissent roses, jaunes, blancs.

D'après les auteurs, la couleur rouge, qui frappe l'œil de l'observateur, n'appartient pas au tissu musculaire : elle a son siège dans l'appareil circulatoire qui y est très développé. M. Robin a combattu cette doctrine par des arguments très probants. D'après lui, la couleur si variable des muscles tient « à la présence d'une matière colorante particulière qui se trouve, non pas entre les faisceaux, mais dans l'épaisseur des fibrilles, dans leur substance même, avec laquelle elle est combinée molécule à molécule (1). » Chez les insectes la couleur jaune est souvent due à la présence de nombreux globules graisseux.

Le microscope n'apporte pas beaucoup d'éclaircissements dans ces questions : il nous fait voir une fibre musculaire plus ou moins résistante et sensiblement incolore.

(1) Cours de M. Robin (1874), 29e leçon, *Journ. de l'École de Médecine*, p. 154.

La fibre ne paraît pas différer, pour la longueur, des faisceaux qu'elle forme : c'est ce que Kölliker a bien constaté sur la grenouille. Rollett (1) assure avoir trouvé, chez les mammifères, de nombreuses fibres terminées en pointe dans l'intérieur des faisceaux. Cette observation est loin d'avoir été confirmée par tous les histologistes. Kölliker, qui avait considéré la longueur des fibres comme inférieure à celle des faisceaux dans les gros muscles, semble avoir abandonné ce sentiment.

Si l'on veut bien apprécier la nature du faisceau primitif, il importe de faire des sections transversales de muscles. Ces coupes, convenablement préparées, offrent une mosaïque polygonale assez régulière. Les éléments de cette mosaïque, appelés *champs de Cohnheim*, du nom du savant qui les a le premier décrits, sont très finement pointillés et représentent certainement les faisceaux primitifs.

Le diamètre moyen des fibrilles peut être évalué à un millième de millimètre. Celui des fibres est moins facile à estimer, parce qu'elles renferment de 50 à 1000 ou 2000 fibrilles. Chez l'homme la fibre mesure 6 à 8 centièmes de millimètre ; chez la grenouille, elle n'a que 5 millièmes de millimètre.

La fibre musculaire, essentiellement composée par les fibrilles, comporte encore des éléments constants comme une enveloppe ou *sarcolemme*, des noyaux et des granulations de nature diverse. Le sarcolemme est une membrane mince, homogène, transparente et assez résistante, qui entoure les fibrilles et en fait un faisceau primitif ou fibre. Chez les amphibiens, il est très développé et atteint un millième de millimètre d'épaisseur. Mais, en général, il est si délicat qu'il est presque invisible ; et ce n'est que par un heureux hasard de préparation qu'on peut l'apercevoir. Si les fibrilles se rompent toutes au même niveau, ce qui arrive fréquemment avec les aiguilles, leurs deux

(1) In *Wiener Sitzungsber.*, 1857, p. 291.

extrémités s'écartent et laissent entre elles une cavité limitée par une membrane soit unie soit plissée, très facile à constater. Le sarcolemme ne fait défaut à aucune fibre musculaire. M. Ranvier a soutenu qu'il manquait aux muscles des ailes de l'hydrophile brun (1). Mais un examen attentif de ces muscles permet de reconnaître qu'ils ne font pas exception à la loi commune. Si on les examine après un traitement de plusieurs jours par l'alcool à 36°, on constate aisément que leurs faisceaux primitifs sont entourés d'un sarcolemme (2).

Quelle est la nature du sarcolemme? Certains auteurs, Denonvilliers (3), Leydig (4), Rouget (5) l'ont considéré comme une membrane de substance conjonctive. D'autres, comme Robin (6), l'ont rattaché au tissu élastique. Il serait facile de concilier ces opinions opposées en suivant l'opinion de Sappey (7) et en regardant le sarcolemme comme une membrane de nature spéciale. En effet, si le sarcolemme se rapproche étroitement au point de vue anatomique du tissu cellulaire, il est par contre très élastique; et c'est à lui qu'on doit attribuer exclusivement l'élasticité si remarquable des muscles.

Les noyaux se rencontrent le plus souvent à la face interne du sarcolemme. Ovoïdes, fusiformes, avec ou sans nucléoles, ils affectent une disposition très irrégulière. Tantôt ils sont isolés et presque symétriquement disposés sur le pourtour du faisceau, tantôt ils se rangent en série linéaire le long des fibres. Chez les amphibiens (Weismann, Kölliker), on les observe aussi dans l'intérieur des faisceaux,

(1) *Traité technique d'histologie*, 3e fasc., p. 478.

(2) Voir notre communication à la Société philomathique de Paris, séance du 23 juin 1877.

(3) *Comparaison des deux systèmes musculaires*, thèse 1846.

(4) Op. cit., p. 142.

(5) Mém. sur les tissus contractiles et la contraction, *Journal de phys. de Brown-Sequard*, 1863, t. VI, p 679.

(6) *Dict. de Nysten*. art. Myolemme, p. 984.

(7) *Traité d'anatomie descriptive*, t. II, p 23; 2e éd.

et en séries. Leydig a constaté ce caractère chez les invertébrés, mais en l'exagérant. « Les faisceaux primitifs des crustacés, des insectes, dit-il, possèdent un canal central de couleur claire dans lequel les noyaux forment une colonne serrée. Chez les araignées, à côté de ces faisceaux primitifs, il en est d'autres qui présentent cinq, six, et même plus de ces cordons centraux formés de noyaux, et dérivant de la fusion de plusieurs faisceaux, ainsi que nous l'apprend la section tranversale (1). » Il faut signaler les mêmes idées chez un autre auteur, Amici (2), qui admet au centre des muscles des insectes un canal avec une double gaine formée d'anneaux. Évidemment les noyaux sont assez nombreux dans les faisceaux musculaires des insectes, mais ils n'y constituent pas des colonnes serrées à côté des fibrilles.

Assez souvent les noyaux sont entourés d'une masse granuleuse plus ou moins abondante de forme lenticulaire. Max Schultze y a vu l'indice d'une matière protoplasmatique. Kölliker pense que ce sont souvent des amas de granulations graisseuses.

Quoi qu'il en soit, ces granulations se retrouvent dans l'interstice des fibrilles. Chez les insectes, elles sont des plus abondantes et masquent sur certains points les fibres des ailes. D'après Leydig, il en serait de même pour les muscles situés au-dessous de la ligne latérale des poissons. Ces granulations, appelées *grains insterstitiels* par Kölliker et Henle qui les ont les premiers décrites, sont aussi très multipliées dans les muscles de l'écrevisse.

II

La fibre musculaire dans sa continuité est alternativement claire et obscure ; en d'autres termes elle est *striée transversalement*. Ce fait, qui n'est contesté par personne, a donné lieu à plusieurs interprétations et à de longues

(1) Op. cit., p. 148.
(2) *Bericht*, 1849, s. 54.

discussions au milieu desquelles nous essaierons d'apporter un peu de clarté.

Dans certaines circonstances, par la congélation ou la macération, sous l'influence du suc gastrique ou l'action prolongée de l'alcool, la fibre se détruit au niveau des espaces clairs et se décompose en disques minces. Bowman a décrit ce phénomène il y a déjà longtemps, et l'on désigne généralement les disques sous le nom de *disques de Bowman*. Les fibrilles, en subissant la même décomposition, donnent naissance à une foule de particules ténues, polyédriques que Bowman appelait *particules musculaires primitives* ou éléments musculaires (*sarcous elements*). Le savant anglais regardait en effet ces particules comme les véritables éléments du muscle. D'après lui, comme l'explique justement Kölliker, « la fibre musculaire peut être considérée comme une colonne de disques minces, aussi bien que comme un faisceau de fibrilles. » La fibrille elle-même ne serait qu'une colonne étroite constituée par une série de *sarcous elements*. Mais cette conception, combattue de bonne heure par Kölliker, ne tient pas devant l'observation des faits. La fibrille est très facile à constater sur un grand nombre de muscles, même sans préparation. Les disques et les *sarcous elements* au contraire ne s'obtiennent qu'en faisant subir aux muscles une altération moléculaire chimique ; les uns et les autres sont des produits artificiels. Beaucoup d'anatomistes en Allemagne et en Angleterre, quelques-uns en France, parmi lesquels M. Ranvier, tiennent encore pour l'opinion de Bowman.

Par opposition à cette opinion, Kölliker donne l'explication suivante de la striation musculaire. « Les fibrilles sont constituées primitivement, dans toute leur longueur, par une seule et même substance, dans laquelle, cependant, par suite des contractions, il se forme des régions plus denses (les régions foncées), et des régions moins denses. C'est ainsi que les diverses portions des fibrilles acquièrent peu à peu une certaine diversité, sinon chimique ou physiolo-

gique, du moins physique, et de là, c'est-à-dire de la moindre densité des segments clairs, il résulte que les fibrilles et les fibres se rompent à ce niveau, et sont plus fortement attaquées par les réactifs qui dissolvent la substance musculaire, que dans les autres points (1). »

Kölliker établit ainsi d'abord l'existence de la fibrille, puis la nature de la strie.

L'existence de la fibrille n'est pas contestable ; mais nous ne pouvons souscrire, dans l'état actuel de la science, à l'explication physique de la strie. La contraction musculaire, comme on le verra plus loin, n'est pas expliquée ; et le savant doit se borner à préparer par ses travaux anatomiques les notions physiologiques qui lui manquent.

Si l'histologie comparée n'est pas encore constituée comme science, nous savons du moins que les fibres musculaires présentent dans la série animale des différences notables, soit comme striation, soit comme volume. Nous possédons un grand nombre d'observations qui, bien qu'insuffisantes pour servir de base à une loi, sont très intéressantes et méritent d'être signalées.

Comparée chez l'homme et le singe cynocéphale, la fibre musculaire a chez le premier un diamètre plus considérable et une striation un peu plus large. Mais il faut avouer que les distinctions sont difficiles à établir entre les vertébrés, peut-être à cause des lacunes qui existent dans nos observations. Que l'on considère, par exemple, les fibres du hareng ou de la mulle parmi les poissons, de la grenouille parmi les batraciens, du crocodile parmi les reptiles, de l'oie et du poulet parmi les oiseaux, du lapin, de l'ours, du dauphin ou du porc-épic parmi les mammifères, on est amené à reconnaître qu'il n'y a entre elles que des variations insignifiantes. Toutes ont un caractère commun : une striation fine et régulière.

Les différences s'accusent dans la série des invertébrés,

(1) Op. cit., p 203.

où peu de fibres offrent une ressemblance parfaite. Les fibres des insectes présentent en général des stries obscures très larges ; mais ces stries, loin d'être uniformes et identiques, ont dans chaque espèce des caractères spéciaux qui les distinguent. Définir ces caractères pour chaque être serait chose fastidieuse et surtout malaisée : l'observateur les perçoit sans peine, mais ne peut en rendre un compte exact qu'en les figurant. Qu'on compare par exemple les fibres des pattes des gros insectes, comme le lucane, le hanneton, le dytique, on sera frappé de la forte striation qui leur est commune non moins que des différences afférentes à chaque espèce. Chez des insectes aussi petits que le cousin ou la mouche domestique, les stries des fibres sont presque aussi grosses que chez les plus volumineux. Les papillons se distinguent aussi par l'ampleur de leur striation ; par contre leurs chenilles ont des fibres très finement et très régulièrement striées. Le même fait s'observe chez les libellules.

Le groupe des arachnides ne présente pas de particularité à signaler. Chez les myriapodes, la scolopendre mérite de fixer l'attention, à cause de la régularité incomparable et en quelque sorte mathématique de ses stries. Chez les crustacés (crangon, écrevisse) les fibres sont larges et ont de belles stries ; les noyaux y sont remarquables par leur volume et leur nombre.

Jusqu'ici la striation appartient aux fibres du tissu contractile ; mais, dans les degrés inférieurs de l'échelle vivante, elle s'efface insensiblement et disparaît. Les mollusques, que nous n'avons pas eu l'occasion d'étudier en détail, ont peu de fibres striées : la plupart de leurs fibres sont homogènes ou finement ponctuées (Leydig). La même disposition se retrouve chez les vers, les annélides, les rotateurs (1).

« Chez les échinodermes, dit Leydig, on rencontre aussi bien des cylindres (fibres) musculaires homogènes entourés

(1) Voir les travaux de Weissman, *Zeit. f. rat. Med*, 3e série, xv, p. 80, et de Wagener, *Arch. Anat. Phys.* 1863, p. 211.

d'une gaine délicate, que des cylindres formés de fragments en forme de coins qui, par leur disposition, les rendent semblables à de vrais muscles striés (1). » Le même auteur assure avoir rencontré dans le pédicule des vorticelles une substance contractile striée ; mais ce caractère est nié par d'autres auteurs et notamment par Kühne (2). De nouvelles recherches restent à faire sur le tissu musculaire des derniers invertébrés.

La constitution intime des muscles ne varie pas seulement d'un animal à un autre ; elle offre, sur un même individu et dans chaque espèce, des différences curieuses.

M. Ranvier a signalé (3) chez le lapin deux catégories de muscles, les uns blancs et translucides, les autres rouges. Sous l'influence d'un même courant électrique, les premiers ont une contraction brusque, les seconds une contraction lente.

Les faisceaux primitifs des muscles rouges ont des stries transversales bien moins régulières et une disposition fibrillaire beaucoup plus nette que les blancs : les noyaux y sont plus abondants. M. Ranvier a retrouvé ces deux espèces de muscles chez les poissons, notamment la raie, et il penche à croire qu'elles existent chez un grand nombre d'animaux. Il y a donc là un vaste champ ouvert à des recherches intéressantes.

Les muscles d'un insecte assez gros, l'hydrophile brun, offrent aussi deux variétés très importantes, depuis longtemps reconnues. Les muscles des ailes, formant une masse molle et jaunâtre, présentent des fibres volumineuses, avec des fibrilles innombrables et des stries très fines. Ceux des pattes, plus denses, d'un blanc mat, ont des fibres moins grosses, et les stries obscures y sont beaucoup plus épaisses que sur les fibres des ailes. Cette différence est caractéristique. Elle nous avait assez vivement frappé il y a quel-

(1) Op. cit., p. 147-148.
(2) *Bericht*, s. 55. 1859.
(3) *Archives de physiologie*, 1874, p. 5.

ques années pour nous engager dans une étude comparée des muscles chez les insectes ; nous donnerons ici les éléments de notre travail, que nous avons communiqué à la Société philomathique de Paris (1).

Le caractère observé chez les hydrophiles se retrouve plus ou moins, comme on le verra, dans les différents ordres d'insectes ; ce qui permet d'en faire l'objet d'une loi.

Coléoptères : — Les dytiques se placent immédiatement à côté des hydrophiles. Les fibres des muscles des ailes se résolvent facilement en une infinité de fibrilles à stries très petites ; celles des muscles des pattes, plus étroites, sont largement striées. Les hannetons offrent encore une ressemblance complète avec les hydrophiles. Citons de même les coccinelles, et surtout le lucane qui nous a fourni nos préparations les plus saisissantes.

Orthoptères : — Cet ordre d'insectes se divise en insectes *coureurs* et en insectes *sauteurs*. Le vol n'est guère dans ses aptitudes ou plutôt dans ses habitudes, car la plupart des individus qui le composent sont pourvus d'ailes. Aussi l'examen que nous avons fait a-t-il été à peu près négatif. Chez certaines sauterelles, les fibres des ailes ont certainement des stries plus fines que celles des pattes. Mais la différence n'est pas assez accentuée pour constituer un caractère. Nous verrons que cet ordre d'insectes a d'autres particularités intéressantes.

Hémiptères : — Les individus ailés sont rares. Toutefois la punaise des bois nous a permis de vérifier la loi. Les pattes de cet insecte sont mues par des fibrilles largement striées, les ailes ont des fibres très fibrillaires et finement striées.

Névroptères et Hyménoptères : — Les libellules ou demoiselles d'une part, les fourmis, les abeilles, les bourdons de l'autre, confirment admirablement la loi.

Lépidoptères : — Les résultats que nous avons obtenus

(1) *Bulletins* de la Société, 23 juin 1877, juillet 1877.

chez les papillons sont loin d'être aussi nets que les précédents. Sans doute les fibres des ailes ont un diamètre plus grand et une structure fibrillaire plus manifeste que celles des pattes; mais leur striation est très accusée et parfois presque identique à celle des muscles des pattes. De nouvelles recherches sont à faire sur ce point.

Diptères : — La mouche domestique et le cousin nous ont fourni sensiblement les mêmes différences que les hyménoptères et les coléoptères.

Une remarque qu'il convient de faire, c'est que les ailes dont les muscles ont été étudiés sont les ailes *membraneuses*. L'étude comparée, chez les coléoptères, des muscles des ailes *cornées* ou *élytres* est très instructive. Ces muscles en effet ressemblent de tout point à ceux des pattes, comme les muscles qui meuvent les pièces de la tête, les anneaux du corps, etc.; de sorte que les muscles des ailes membraneuses seuls offrent la différenciation signalée. Ce point est si vrai que quand, comme chez les diptères, les ailes antérieures (et uniques) sont membraneuses au lieu d'être cornées, elles ont des muscles semblables à ceux des ailes postérieures des coléoptères.

Une nouvelle et curieuse différence nous a été révélée par l'étude des muscles des pattes chez les orthoptères. On sait que ces insectes, comme le grillon, la sauterelle, sont essentiellement sauteurs : les deux pattes postérieures très développées servent seules à la fonction du saut qui supplée en grande partie à la marche. Or nous avons constaté chez ces insectes que les muscles des pattes antérieures se distinguent notablement de ceux des pattes postérieures. Prenons pour exemple le grillon domestique. Les fibres des pattes antérieures sont de faible dimension, peu ou point fibrillaires; celles des pattes postérieures sont au contraire volumineuses et très fibrillaires. Il est vrai qu'une striation large leur est commune ; mais une différence tranchée les sépare sous tous les autres rapports. Chez la sauterelle commune, notre observation a été sensiblement identique.

Nous n'avons pas encore publié ces résultats, nous réservant d'en faire une étude plus complète et surtout de l'étendre en examinant d'autres insectes sauteurs.

En poursuivant nos travaux d'histologie comparée, nous avons observé, chez les crustacés, une importante différence entre les muscles des pattes et ceux de la queue. Quel est le rôle exact de la queue chez ces êtres? C'est ce qui n'est pas très bien établi; mais il est évident qu'il est distinct du rôle des pattes, et que l'énorme masse musculaire de l'appendice caudal accuse une destination spéciale. Quoi qu'il en soit, voici ce qu'on observe chez l'écrevisse. Les fibres des pattes sont minces, compactes, avec de fortes stries; celles de la queue sont larges, très fibrillaires et assez finement striées. La crevette grise n'offre pas tout à fait ces caractères; les fibres de la queue y sont petites, avec des stries moyennes, celles des pattes sont deux fois plus grosses et fortement striées, mais ni les unes ni les autres n'ont un aspect fibrillaire.

III

On voit bien, par ces exemples, quel puissant intérêt s'attache à l'histologie comparée, quel immense travail reste à faire pour la constituer scientifiquement, et quelle lumière ses progrès ne peuvent manquer d'apporter à la physiologie. S'il ressort en effet de tout ce qui précède une conclusion manifeste, c'est que ces aspects variés de la fibre musculaire, soit dans la série animale, soit sur un même individu, répondent à des effets divers du jeu musculaire; en d'autres termes, que la structure intime des muscles est en rapport avec leur fonction. Mais nous ne possédons que de faibles matériaux, la moindre assertion doit être très circonspecte; et nous sommes excusé d'avance de ne présenter nos idées que sous forme d'hypothèses, et avec toutes sortes de réserves. Nous voulons néanmoins mentionner un fait qui nous a frappé à cause de sa généralité.

L'activité de l'insecte, on le sait, se dépense surtout avec force dans le vol : les muscles des ailes, dont le volume est si exigu, sont soumis à un exercice prolongé et soutenu. Des expériences nombreuses ont établi qu'à poids égal les insectes sont les mieux doués de tous les êtres sous le rapport de la force musculaire. Strauss-Durkeim a trouvé que le muscle d'un lucane (ou cerf-volant), représentant un poids de vingt centigrammes, développe une force trente-cinq mille fois plus considérable, c'est-à-dire de sept kilogrammes. Mais ce qui est surtout étonnant, c'est la rapidité des battements d'aile. Alors que l'aile de la buse ne bat que 3 fois et celle du pigeon que 8 fois par seconde, celle de certains insectes bat 200 ou 300 fois pendant le même temps. Ainsi M. Marey a estimé les coups d'aile de la mouche commune à 330 par seconde, ceux du bourdon à 250, ceux de l'abeille à 190. Mais hâtons-nous de le dire, cette fréquence n'est pas générale ; et, comme l'observe M. Marey, « elle est très variable d'un animal à l'autre : en allant du papillon, par exemple, à la mouche ou au cousin, ces variations peuvent être considérables. Le papillon vole lentement ; ses coups d'aile, se succédant à longs intervalles, le font avancer par bonds et secousses : telle est la raison de son vol irrégulier et capricieux. Le cousin, lui, s'élance avec rapidité, droit au but, laissant derrière lui une traînée sonore, un bruit net, aigu, strident. Entre ces deux extrêmes, on trouve tous les intermédiaires (1). »

Or les muscles des ailes, nous l'avons vu, se distinguent par leur apparence fibrillaire ; et cette apparence est d'autant plus accusée que l'insecte a un vol plus rapide. Elle est très marquée chez les diptères, les hyménoptères, les coléoptères. Elle fait défaut chez les orthoptères. Elle est faible ou nulle chez les papillons ; et précisément les expériences de M. Marey n'attribuent au papillon du chou

(1) Le vol chez les insectes, cours au Collège de France, *Revue des cours scientifiques*, 6e année, n° 16, 20 mars 1869, p. 252, col. 2.

par exemple que 9 coups d'aile par seconde. Ce sont là des résultats très importants, ils sont corroborés par l'observation suivante.

Les insectes sauteurs, comme les orthoptères, donnent à leurs membres postérieurs un exercice continuel. Or les fibres des pattes postérieures offrent seules une apparence fibrillaire, comme nous l'avons dit.

Que conclure de la coïncidence ou plutôt du rapport que nous venons de signaler? Quel lien relie la rapidité et la force de l'action musculaire à la multiplicité et à l'indépendance relative des fibrilles? C'est ce qu'il serait difficile d'établir exactement aujourd'hui. Toutefois on peut, et on doit chercher l'hypothèse qui s'accorde avec les faits connus et qui satisfait le mieux l'esprit.

Il faut préalablement écarter l'opinion qui n'admet pas les fibrilles de l'aile de l'hydrophile comme des fibrilles élémentaires. La fibre qu'elles constituent a souvent fixé l'attention des observateurs. Elle est volumineuse et, sous sa mince et transparente enveloppe, l'œil armé du microscope aperçoit une infinité de fibrilles avec une netteté parfaite. M. Ranvier a soutenu que ces fibrilles si remarquables ne peuvent être des fibrilles élémentaires et sont très probablement des fibres. Nous n'accepterons cette interprétation que le jour où le savant professeur du Collège de France aura montré les fibrilles élémentaires de cette prétendue fibre. Jusque-là, nous considérerons la fibrille des ailes des insectes comme une véritable fibrille.

Pour nous, nous sommes porté à croire que cette fibrille est nette, distincte, parce qu'elle a un rôle très actif ; et, si l'on nous permettait une comparaison grossière, inégale, mais qui rend bien notre pensée, nous dirions que le faisceau primitif musculaire des ailes nous fait l'effet d'un de ces énormes câbles qui portent les ponts suspendus et qui sont formés de minces fils de fer réunis au nombre de plusieurs milliers. Ces fils de fer, isolément, sont très fragiles et faciles à rompre ; leur faisceau résiste à tous les efforts et aux poids les plus considérables.

Dans la fibre primitive des ailes, chaque fibrille a un faible pouvoir; mais au moment de la contraction le pouvoir de toutes les fibrilles se totalise, et sa résultante est un raccourcissement notable et rapide du muscle. Dans d'autres faisceaux primitifs où la striation longitudinale est faiblement accusée ou nulle, il semble que les fibrilles, moins indépendantes, n'aient pas une action aussi déterminée : la contraction est à la fois moins rapide et moins forte.

Si la striation longitudinale, qui a arrêté un instant notre attention, n'a pas été très étudiée par les auteurs, la striation transversale, au contraire, a été l'objet d'innombrables travaux. Les stries claires et obscures posent en effet un curieux et difficile problème. Bien des hypothèses ont surgi sur leur nature; et l'examen de ces stries dans la série animale nous pousse involontairement à imaginer quelque système. Mais, avant d'aborder ce point qui, il faut le dire, n'est rien moins qu'éclairci, nous devons résoudre une question préjudicielle.

IV

M. Ranvier, examinant à un grossissement de 700 diamètres un faisceau musculaire de lapin, signale le fait suivant : « Nous voyons, dit-il, que la striation transversale n'est pas produite simplement par des bandes de même épaisseur alternativement claires et obscures, mais qu'elle est déterminée par des bandes claires, larges, devenant d'autant plus claires qu'on éloigne légèrement l'objectif, séparées par des bandes obscures, moins larges et qui deviennent d'autant plus obscures que la bande large devient plus claire. Cette bande obscure est divisée par une strie transversale très mince qui possède la même propriété optique que la bande claire. Cette strie claire n'est pas continue dans toute l'épaisseur de la fibre, elle est coupée à intervalles réguliers par des points obscurs qui indiquent

la striation longitudinale... Si nous observons un faisceau primitif qui n'a pas été soumis à l'extension, la strie mince ne se distingue plus et la bande obscure est beaucoup moins haute. La bande claire est également moins large (1). »

Continuant ses observations sur les fibrilles de l'hydrophile, M. Ranvier fait la même remarque. « Lorsqu'avec un fort grossissement, 600 à 1000 diamètres, l'objectif est mis au point sur le bord de la fibrille, on y voit une série de bandes alternatives obscures et claires.... Les bandes claires sont traversées en leur milieu par une strie qui a les mêmes qualités optiques que la bande obscure. En effet, si l'on éloigne l'objectif, les bandes qui étaient obscures deviennent claires, et celles qui étaient claires deviennent obscures. Nous désignerons la bande obscure sous le nom de *disque large*, la strie qui divise la bande claire sous le nom de *disque mince* (2). »

Un savant allemand, Hensen (3) a encore distingué dans le disque large une strie transversale qu'il a considérée comme un disque. M. Ranvier admet cette nouvelle strie, quoiqu'elle soit « difficile à voir, » et il ajoute : « Sur les fibrilles des pattes de l'hydrophile le disque épais, au lieu d'être constitué de deux pièces distinctes séparées par la *strie intermédiaire, paraît* composé d'un plus grand nombre de pièces superposées, le plus souvent trois : une centrale et deux terminales. Ces deux terminales ont été désignées par quelques auteurs (Merkel, Floegel, Frédéricq) sous le nom de *disques accessoires* (4). »

Telles sont les idées nouvelles qui ont été produites par quelques savants contemporains et qu'il convient d'examiner de suite, car elles ont servi de point de départ à plusieurs théories de la contraction musculaire.

(1) Op. cit., p. 474-475.

(2) Op. cit., p. 478.

(3) Ueber ein neues Structur Verhaeltniss der quergestreiften Muskelfasern, *Arbeiten des Kieler physiol. Instituts*, 1858, p. 1.

(4) Op. cit., p. 483.

Malgré toute l'autorité qui s'attache aux opinions de M. Ranvier, nous ne pouvons adopter sa manière de voir en cette circonstance. D'abord il a dû employer un grossissement de 2000 diamètres pour « bien voir » les détails qu'il signale et les représenter exactement. Or, nous avouons n'avoir jamais usé de grossissements semblables, et, fidèle à l'enseignement des maîtres de la science, avoir borné nos investigations à la limite extrême de 700 à 800 diamètres. A un grossissement de 2000 diamètres la lumière se diffuse tellement qu'elle est insuffisante pour chaque point du champ visuel, et qu'elle offre des jeux absolument trompeurs. On peut donc récuser ou tout au moins mettre en doute les résultats obtenus par un tel procédé, mais nous n'insistons pas sur cet argumeut qui a pourtant une réelle valeur, et nous préférons recourir à d'autres arguments plus directs.

Il est peu d'observateurs qui, en étudiant les fibres des insectes, n'aient vu, dans certains cas déterminés, une strie intermédiaire, également distante des stries obscures, ou encore une sorte de dédoublement de ces stries obscures.

Cette observation est indéniable : pour notre compte, nous l'avons souvent faite. Kölliker l'a consignée, il y a longtemps, dans un passage qu'on nous permettra de rappeler : « Parfois, écrit-il, tous les *sarcous elements* sont divisés par une ligne transversale et *paraissent* doubles. Ou bien les particules claires sont aussi grosses que les particules foncées ; quelquefois même, dans les régions claires, se voit de nouveau une ligne foncée (1). » Le savant anatomiste n'a voulu tirer aucune conclusion d'un fait qu'il jugeait insignifiant ; et c'est cependant ce fait qui, repris et développé, a donné naissance à la théorie des disques larges et des disques minces.

Quelle valeur faut-il accorder à ce fait ?

(1) Op. cit., p. 204.

C'est en définitive sur ce point seulement que le dissentiment commence et que la discussion peut s'engager. Après une étude approfondie des fibres musculaires dans la série si variée des insectes, nous avons acquis la conviction que la strie observée n'a qu'une pure apparence et repose sur une illusion d'optique. Quand on met exactement l'objectif au point, on ne constate, toujours sur les fibres en état d'extension, qu'une série de stries claires et obscures. La plus légère variation de la vis micrométrique fait alors apparaître la strie intermédiaire (disque mince) ; mais un autre pas de vis a le pouvoir de la faire disparaître, tandis que dans les deux cas l'œil aperçoit plus ou moins nettement les larges stries obscures et leur striation longitudinale. De plus nous n'avons pu observer cette strie intermédiaire sur les fibrilles isolées ; ce qui nous a conduit à imaginer une hypothèse.

Très fréquemment, on le sait, les stries des faisceaux musculaires ont une direction oblique et non transversale ; ce fait n'étonne pas le micrographe, parce qu'il y voit l'effet manifeste d'un artifice de préparation. Que cette obliquité, au lieu de se présenter de champ, affecte une direction perpendiculaire, et la strie intermédiaire s'explique facilement. Au point de l'objectif, on n'aperçoit dans les fibrilles que la couche superficielle des stries obscures ; en tournant légèrement la vis micrométique, on a dans la strie intermédiaire l'image de la couche profonde que laisse passer la strie claire et transparente. Si la fibrille est isolée, il est au contraire impossible de constater l'existence d'une strie intermédiaire.

Que cette explication soit satisfaisante ou non, il n'en est pas moins vrai que le disque mince n'a pas d'existence objective dans la fibre musculaire. Pour vérifier cette assertion que nous a seule dictée l'observation rigoureuse des faits, nous recommandons particulièrement l'étude des fibres des pattes du cerf-volant, et celle des fibrilles des ailes de l'abeille.

Quant aux disques accessoires et aux autres stries intermédiaires que l'on a décrits, il nous a été également impossible de les découvrir.

V

Les auteurs se sont efforcés de pénétrer le *mécanisme* de la contraction musculaire ; quelques-uns même, comme Brücke (1), ont appliqué à ce sujet physiologique les simples procédés de la physique.

Pour expliquer le phénomène de la double réfraction dans le spath d'Islande, les minéralogistes y supposent l'existence d'une multitude de petits prismes semblables, auxquels Bartholin avait donné le nom de *disdiaclastes*. Brücke qui, en étudiant les fibrilles à la lumière polarisée, avait trouvé aux seules stries obscures la propriété de la double réfringence, s'empara de la théorie physique et soutint que les stries obscures sont aussi constituées par une infinité de corpuscules biréfringents ou *disdiaclastes*. Dans la fibrille à l'état de repos, les disdiaclastes seraient disposés en séries longitudinales ; au moment de la contraction, ils se rangeraient sur une ligne transversale, diminuant ainsi la hauteur de la strie et par suite la longueur totale du muscle. Comme l'opinion de Brücke s'appuie sur une hypothèse que nul fait d'observation n'est venu confirmer, il est permis de la négliger.

M. Rouget a proposé une autre théorie (2). D'après le savant professeur de Montpellier, la fibrille ne serait qu'un filament aplati, contourné en spirale. Les bords du filament seraient figurés par les stries obscures, et les intervalles, répondant aux tours de spire, le seraient par les stries claires. Chaque fibrille serait donc une hélice : les spires en seraient éloignées à l'état de repos, elles se

(1) Muskelfasern im polarisirten Lichte, *Stricker's Handbuch*, p. 174.
(2) *Journal de la physiologie*, t. VI, 1865, p. 693.

rapprocheraient plus ou moins selon la force de la contraction. Un grand nombre d'auteurs, parmi lesquels M. Sappey, ont protesté contre cette hypothèse que rien ne vérifie et qui tend à faire de la contractilité musculaire une simple propriété élastique. Mais il faut reconnaître que certains faits ont facilement induit en erreur M. Rouget, et ne peuvent qu'égarer les observateurs séduits par sa théorie. Très souvent nous avons constaté, sur des fibres d'insectes, que l'obliquité des stries donne une certaine vraisemblance à l'idée de M. Rouget; mais, nous l'avons déjà dit, cette obliquité est accidentelle et nullement normale. D'ailleurs on ne saurait trop le répéter, la contractilité musculaire reste toujours sans explication : un filament en hélice, suivant la juste remarque de M. Ranvier, ne pourrait agir comme un vulgaire fil de laiton.

Un anatomiste allemand, Krause (1), a basé une autre théorie sur l'hypothèse des disques minces que nous avons combattue plus haut. D'après lui, l'espace compris entre deux disques minces est clos par une membrane et rempli d'un liquide dans lequel flotte le disque épais. Pendant le repos, le liquide serait collecté aux deux extrémités du disque, c'est-à-dire dans les espaces clairs. Au moment de la contraction le liquide s'échapperait sur la partie latérale du disque, les disques se rapprocheraient et ne seraient plus séparés que par les disques minces, le muscle entier serait raccouri et élargi. Nous ne jugeons pas utile de discuter cette théorie qui repose sur des observations microscopiques mal contrôlées ; d'ailleurs l'hypothèse du liquide n'est nullement vérifiée.

Dans le même ordre d'idées, Merkel (2) a imaginé une autre théorie. Entre les deux disques minces, il admet deux compartiments distincts séparés par la strie intermédiaire ou de Hensen, qu'il considère comme une cloison. La sub-

(1) Ueber den Bau der quergestreiften Muskelfaser, *Zeitschr. f. ration. Medicin* 1868, p. 265, et 1869, p. 111.

(2) Der quergestreifte Muskel, *Arch. f. micr. Anatomie*, 1872, p. 244.

stance contenue serait non pas liquide, mais molle. A l'état de repos, elle se trouverait amassée au niveau de la strie intermédiaire, pour former les disques épais; au moment de la contraction, elle se transporterait vers le point opposé, c'est-à-dire vers les disques minces. A un certain moment la fibrille serait uniforme, sans stries. Tous les faits d'observation protestent contre cette hypothèse, qui ne donne pas la raison de la contraction musculaire.

Un autre physiologiste, qui combat la théorie de Merkel, Engelmann (1) a proposé de lui substituer une autre théorie aussi peu probable. Les espaces clairs seraient remplis d'une substance liquide qui viendrait, au moment de la contraction, imbiber les disques épais ; et par là s'expliqueraient à la fois le raccourcissement du muscle et son augmentation de volume.

Nous n'avons pas la prétention d'être plus heureux que les auteurs dont les noms précèdent ; et nous n'ajouterons pas une théorie nouvelle à toutes celles qui ont été proposées. Nous estimons qu'elles sont toutes inspirées par une fausse physiologie, et que le secret de la contraction ne se trouve pas dans quelque loi de la mécanique. La contraction ne se réduit pas à un mouvement plus ou moins simple: le nombre des hypothèses qu'elle soulève suffirait à le démontrer.

Nous ne cherchons donc pas une explication physique de la contraction musculaire ; notre ambition, plus modeste, se borne à déterminer ses conditions. Le fonctionnement physiologique et la structure histologique s'éclairant l'un par l'autre, on peut chercher la loi qui gouverne leurs rapports. Nous avons déjà vu quelle connexion la science établit entre la rapidité et la force des contractions d'une part et la disposition fibrillaire des faisceaux primitifs de l'autre. L'étude des stries transversales peut à son tour nous fournir un enseignement semblable.

(1) Microsc. Unters. über die quergestr. Muskelsubstanz, *Pflüger's Archiv*. 1873, p. 33.

La multiplication des stries est variable dans la fibre musculaire, nous l'avons dit. Chez les insectes, les muscles des ailes ont des fibrilles beaucoup plus finement striées que les muscles des pattes. Et l'on est tenté de penser que le nombre de stries croît avec l'énergie du muscle. C'est aussi ce sentiment qu'exprime M. Ranvier. « Le petit volume, écrit-il, des éléments contractiles (stries obscures) est en rapport avec la rapidité du mouvement (1). » Mais le fait n'est pas aussi simple qu'on pourrait le croire, et la signification des stries transversales n'est pas assez précise pour permettre de formuler une conclusion. La contraction amène en effet dans la disposition des stries des modifications aussi variées qu'importantes.

Quand on étudie les fibres musculaires à l'état vivant, on observe facilement leurs contractions qui se succèdent à des intervalles assez courts ; mais, si l'on veut analyser les phénomènes, on rencontre des difficultés insurmontables.

On voit apparaître, sur un point d'une fibre, un nœud qui s'accroît insensiblement et attire à lui la masse musculaire : les stries y deviennent de plus en plus serrées ; puis, au bout d'un temps variable, une détente se produit, les stries s'élargissent, le nœud disparaît lentement, et le faisceau semble parcouru dans un sens par une série d'ondulations.

Ces mouvements sont trop rapides pour être suivis exactement et fournir des notions satisfaisantes. S'il en est ainsi, a dit Kühne, c'est que la substance contractile est *liquide*. « L'observation des muscles frais, écrit ce savant, nous apprend que le contenu du sarcolemme est capable des mouvements les plus variés dans toutes les directions, de telle sorte que les phénomènes de contraction musculaire se révèlent sous le microscope comme une ondulation de particules isolées. Puisque le muscle, pendant sa contraction, augmente en largeur à peu près de la

(1) Op. cit., p. 495.

quantité qu'il perd en longueur, et puisque le muscle contracté ne revient jamais à sa longueur primordiale sans l'intervention d'une force extérieure, et que, placé en suspension dans un liquide, il durcit dans un état statique, qui diffère peu de celui de l'état de contraction, il est logique d'admettre que la substance contractile se compose réellement d'un liquide. La mobilité des particules contractiles s'harmonise parfaitement avec l'hypothèse d'un liquide (1). »

Cette hypothèse est originale, mais ne mérite pas une réfutation.

M. Ranvier a imaginé une méthode ingénieuse qu'il convient de signaler. Après avoir excité un muscle, préalablement tendu, par un fort courant d'induction, il l'a détaché pour examiner avec soin les fibres contractées tétaniquement. Une différence l'a particulièrement frappé : c'est le raccourcissement relatif du disque épais, c'est-à-dire de la strie obscure (2). Cette observation est intéressante, mais ne suffit pas à établir une théorie de la contraction musculaire.

Dans les préparations ordinaires, on rencontre des faisceaux musculaires à tous les degrés de contraction, et leur étude n'offre aucune difficulté. Considérons donc au point de vue de la striation les fibrilles des pattes des insectes. Dans les muscles contractés, les stries claires et les stries obscures ont un égal volume ; au contraire, dans les muscles à l'état de repos, ces dernières doublent ou triplent même leur épaisseur, alors que les stries claires ne se sont que peu développées.

Que conclure d'un tel fait, sinon que le rôle actif, dans la contraction d'une fibrille, appartient à la strie obscure ? Elle est susceptible , sous l'influence de la force soit volontaire, soit électrique, de se raccourcir considérablement ; elle est éminemment contractile . Et la dispo-

(1) *Arch. f. Anat.*, Hft. 3, s. 418, 1859.
(2) Op. cit., p. 493.

sition des stries de la fibrille fait penser à ce qu'on observe dans certains muscles, dits *polygastriques*. Sur une longueur souvent assez grande se succèdent de courts tendons et des filets musculaires non moins courts, comme une série de nœuds et de ventres. Ici nous ne voudrions pas chercher une relation qui n'existe pas, mais cette succession, dans la fibrille, de parties peu extensibles et d'éléments contractiles n'est-elle pas très analogue ?

Nous arrêterons là nos réflexions.

Dans une étude aussi délicate et aussi difficile que celle de la fibre musculaire, il faut savoir se borner et ne pas dépasser les limites de l'expérience bien confirmée. Nous pourrions multiplier les suppositions, accumuler les hypothèses. A quoi bon ? Ce que nous connaissons du muscle est peu de chose auprès de ce qu'il nous reste à connaître. Le savant ne doit pas craindre d'avouer les lacunes de sa science. A mesure qu'il scrute la nature, il découvre de nouvelles merveilles que la science dont il est si fier ne soupçonnait pas ; et il apprend, en s'inclinant devant l'Auteur de toutes choses, à être sage, circonspect et ignorant. Pascal l'a dit dans son immortel langage, il y a deux ignorances qui se touchent : « la première est la pure ignorance naturelle, où se trouvent tous les hommes en naissant ; l'autre est celle où arrivent les grandes âmes qui, ayant parcouru tout ce que les hommes peuvent savoir, trouvent qu'ils ne savent rien et se rencontrent dans cette même ignorance d'où ils étaient partis. Mais c'est une ignorance savante qui se connaît. »

Dr Surbled.

ACHEULÉEN ET MOUSTÉRIEN

Ma revue anthropologique du mois de juillet 1879 (1) a soulevé une question de classification archéologique, qui, on s'en souvient, a provoqué une communication très intéressante de M. d'Acy (2). La question a grandi. Il a fallu porter la discussion sur le terrain de la géologie, et de la géologie quaternaire, la plus difficile, la plus obscure, la moins connue ! J'ai reçu depuis une nouvelle lettre de M. d'Acy. Sans prétendre éterniser le débat, il me paraît fort intéressant de donner cette seconde lettre aux lecteurs de la *Revue*. Ils y trouveront des points de vue neufs sur un sujet qui a déjà été bien souvent traité contradictoirement, et sur lequel M. d'Acy a toute compétence pour s'expliquer. Voici donc ce qu'il m'écrit :

Monsieur,

L'accueil si indulgent que vous avez bien voulu faire à ma lettre, m'enhardit à vous en adresser une seconde.

Je tiens à vous exprimer combien je suis heureux de

(1) *Revue des Questions scientifiques*, t. VI, p. 320.
(2) Ibid., Avril 1880, t. VII, p. 608.

l'approbation que mes idées — ou au moins quelques-unes d'entre elles — ont rencontrée près de vous, et de l'appui que vous leur avez donné ; puis je voudrais porter un peu plus de lumière sur différents points que je reconnais n'avoir pas suffisamment éclaircis.

Permettez-moi, tout d'abord, de souscrire complètement à la remarque par laquelle vous signalez avec tant de raison la différence qui existe entre les silex *moustériens* du diluvium et ceux de la grotte du Moustier, et, par suite, le peu de justesse de la dénomination que M. de Mortillet a tirée du gisement des seconds pour l'appliquer aux premiers. Je voudrais aussi vous dire combien les curieux parallèles que vous établissez entre les faunes et les industries de Soyons, de Germolles, de Vergisson et de la couche inférieure de Solutré, démontrent victorieusement, selon moi, l'impuissance de la méthode archéologique à fournir à elle seule des renseignements chronologiques certains ; et enfin vous assurer qu'autant que vous je repousse la division de la faune quaternaire en deux groupes, l'un méridional et l'autre boréal, qui n'auraient pu coexister sous le même climat, et dont le second aurait succédé au premier.

Seulement, je dois vous l'avouer, monsieur, je ne pense pas que les extinctions successives de quelques espèces de cette faune, extinctions dont je ne connais pas d'ailleurs de traces dans le diluvium, puissent servir de bases à l'établissement de subdivisions dans les temps antérieurs à l'âge du renne.

Je crois également devoir faire des réserves sur la date relativement peu ancienne que vous assignez aujourd'hui à l'atelier de Charbonnières. Ne serait-il pas plutôt « antérieur à l'invasion des hautes eaux, » comme vous l'admettiez primitivement (1) ? Mais cette question en soulèverait d'autres, nombreuses et considérables, que je ne puis pas

(1) Ferry, *Le Mâconnais préhistorique*, avec notes, additions et appendices par A. Arcelin. Paris. Reinwald, 1870, in-4°, p. 117.

aborder en ce moment ; et de plus, il serait trop téméraire à moi d'engager une discussion au sujet d'une station et d'une région que vous avez si bien étudiées, et que je ne connais pas. Aussi est-ce un simple doute que je me permets de vous soumettre, et je me hâte de revenir sur un terrain qui me soit plus familier.

Vous me faites remarquer, monsieur, que j'ai omis ou négligé, dans ma lettre, les observations recueillies dans la vallée de la Seine par MM. Martin, Reboux, etc. J'avoue mon tort ; j'aurais dû donner quelques explications à ce sujet. Je croyais que M. de Mortillet avait abandonné la théorie de la superposition des types dans les alluvions diluviennes d'une même sablière ; j'avais perdu de vue les nouvelles considérations qu'il avait exposées, ainsi que vous me le rappelez, devant la Société d'anthropologie, après les avoir développées dans son cours d'anthropologie préhistorique (1). Je pourrais peut-être invoquer comme circonstance atténuante l'attente dans laquelle je suis, depuis de longues années, de l'ouvrage détaillé et complet que le savant professeur nous a promis sur ces questions ; l'espoir de voir enfin paraître ce traité aura probablement distrait mon attention d'une communication dans laquelle M. de Mortillet avait simplement énoncé « sommairement pour prendre date » et, j'ajouterai, sans preuves à l'appui, les conclusions auxquelles il s'était arrêté ; j'aurai même d'autant plus oublié ce résumé, qu'il n'avait en rien modifié ma manière de voir. Quoi qu'il en soit, je me reconnais coupable, et je vais essayer de réparer ma faute, en examinant ce que renferme cette note.

M. de Mortillet divise d'abord la faune quaternaire en deux groupes (2), d'après les conditions climatériques qui auraient été indispensables à l'existence des différentes espèces de

(1) *Bulletins de la Société d'anthropologie de Paris*, 2e série, t. XII et suiv.

(2) Je n'aurai que quelques mots à dire de cette division, car vous en avez, monsieur, démontré la non-existence.

cette faune. De ces deux groupes, le *méridional*, auquel une température élevée aurait été nécessaire, se retrouverait « dans des couches ou stations plus anciennes ; » et le *boréal*, composé d'espèces ne pouvant vivre que sous un climat très froid, aurait laissé ses dépouilles « dans des couches et stations plus récentes. » Ce fait prouverait l'existence chez nous de deux périodes bien tranchées, l'une chaude et l'autre froide, la chaude ayant précédé la froide. A chacune de ces périodes correspondraient, on vient de le voir, des formations distinctes. Les plus anciennes, effectuées pendant la « première époque anthropozoïque » seraient sur les hauteurs, contre les parois des vallées, et tout à fait à la base des alluvions du fond ; elles constitueraient les restes, les témoins des amas énormes qui auraient rempli pendant une période d'affaissement tout le fond des vallées creusées pendant l'époque tertiaire, et qui se seraient élevés jusqu'à 20 et 30 mètres au-dessus du niveau actuel de ce fond ; et les autres, contemporaines de la « seconde époque anthropozoïque, » se seraient superposées aux premières par remaniement, pendant une période de soulèvement; elles commenceraient à paraître dans les couches supérieures des gisements des hauteurs, et se développeraient dans le « grand amas d'alluvions du fond des vallées, amas remanié, dû en majeure partie à la période de réexcavation ou d'exhaussement. »

Dans la première assise, avec la faune méridionale, on ne rencontrerait « généralement qu'un seul outil ou arme, la hache du type de Saint-Acheul, » et de là le nom d'Acheuléenne donné à l'époque qui aurait vu se former ce dépôt. Dans la seconde assise, avec la faune boréale, apparaîtraient « des types beaucoup plus variés, lances et surtout pointes et racloirs dans les formes spéciales de la station classique du Moustier, » ce qui a fait appeler Moustérienne l'époque pendant laquelle ces alluvions se seraient déposées.

Ainsi, M. de Mortillet, loin d'abandonner, comme je m'en étais flatté, la superposition directe d'une industrie à l'au-

tre dans les graviers d'une même sablière, l'affirme autant que jamais ; et cette superposition, si j'ai réussi, monsieur, à vous la faire repousser pour les gisements de la vallée de la Somme, vous continuez à l'admettre dans ceux des environs de Paris ; tout au moins pensez-vous que, « dans la vallée de la Seine, le quaternaire le plus récent (Grenelle, Le Pecq, Levallois, Clichy, etc.) paraît bien réellement représenter un autre âge et une autre industrie que le quaternaire de la vallée de la Somme. »

Il me faut donc entrer dans quelques détails. J'espère que vous serez assez bon pour en excuser la longueur, en considération de l'intérêt qu'il y aurait à élucider cette question et toutes celles qui s'y rattachent. Je n'ai pas assurément la prétention de les résoudre complètement ; mais je serais heureux, si je pouvais contribuer, quelque peu que ce fût, à en préparer la solution.

J'ai commencé la première lettre que j'ai eu l'honneur de vous écrire, en établissant que je ne m'étais jamais occupé que du type du Moustier du *diluvium ;* je dois ajouter aujourd'hui que je ne conteste la superposition du type du Moustier à celui de Saint-Acheul que dans le *diluvium non remanié ;* et par cette expression, j'entends le diluvium qui n'a subi aucun remaniement, auquel n'est venue s'adjoindre aucune alluvion nouvelle, depuis l'achèvement du creusement des vallées de M. Prestwich ou du recreusement de M. de Mortillet — selon que l'on adopte l'un ou l'autre de ces deux systèmes, — ou tout simplement depuis que les vallées ont leur configuration actuelle, depuis que les cours d'eau coulent, ou peu s'en faut, à leurs niveaux d'aujourd'hui, en un mot depuis que le diluvium a fini de se déposer, quelle que soit l'origine qu'on lui assigne.

Les plaines basses qui occupent les fonds des vallées, sont encore de nos jours sujettes en beaucoup d'endroits à des inondations. « Les crues de la Seine s'élèvent bien au-dessus du niveau de la sablière explorée par M. Martin. »

De 1732 à 1869 le fleuve a submergé dix fois cette partie de Paris ; la crue de 1658 y a atteint $8^m,80$ au-dessus du niveau actuel des basses eaux, $2^m,57$ au-dessus du sol actuel(1). Il a dû en être à peu près de même pour les terrains de Levallois, dont l'altitude ne diffère guère de celle de la plaine de Grenelle.

A plus forte raison, les eaux ont-elles dû recouvrir ces localités, sinon constamment, au moins fréquemment, à une époque beaucoup plus ancienne, mais postérieure cependant à celle qui a vu se former le diluvium, à l'époque des tufs de la Celle (2), alors que la grande humidité du climat, sur laquelle la faune malacologique a fourni des renseignements certains, devait donner une bien plus grande puissance, une bien plus grande hauteur aux eaux du fleuve. Par conséquent, des changements ont pu et même ont dû se produire dans l'emplacement du lit de la rivière, des remaniements ont dû avoir lieu dans la partie supérieure des alluvions précédemment déposées, et même des couches nouvelles ont dû se former; d'autant plus que, sans aucun changement du niveau général de la région, le fond de la vallée devait être, avant ce faible remplissage, un peu moins élevé qu'il ne l'est aujourd'hui. Ces modifications, ces remaniements, ces apports, ont dû commencer promptement après le dépôt du diluvium et se continuer longtemps, en diminuant d'intensité à mesure que le climat devenait moins humide, et que le fleuve moins vagabond rétrécissait son lit et s'encaissait en raison même des alluvions nouvellement formées. Mais il nous faut évidemment laisser de côté tous ces dépôts supérieurs, ainsi que les débris de l'industrie humaine qu'ils peuvent renfermer ; car les uns et les autres sont d'une époque postérieure,

(1) Belgrand, *La Seine*, p. 188.

(2) Ces tufs sont positivement superposés et par conséquent postérieurs au diluvium, au lieu de lui être antérieurs, comme on l'a cru d'abord. Voir Tournouër, *Tufs de la Celle*, dans *Bulletins de la Société géologique de France*, 3e série, t. v, p. 650-651.

quelquefois même de beaucoup postérieure, à celle qui nous occupe.

Voyons si les faits sont d'accord avec la théorie.

A Levallois, M. Reboux a depuis longtemps signalé au-dessus de la couche paléolithique une autre assise, à laquelle il a donné le nom de mésolithique, qu'il regarde comme contemporaine de l'âge du Renne dans le quaternaire, et qui supporte un troisième dépôt dans lequel se rencontre la pierre polie (1).

M. Roujou n'est guère moins explicite ; il reconnaît d'abord une série de couches de graviers et de sables de plusieurs mètres d'épaisseur, « masse qu'il est impossible, pour le moment, de diviser en deux assises ; » puis au-dessus de ce dépôt viennent des sables, appelés sables gras par les ouvriers, « qui sont positivement des alluvions de débordement, comme Belgrand l'a démontré (2) ; » ces alluvions ne sont pas très nettement déterminées quant à leur âge ; elles sont presque contemporaines des couches sous-jacentes, ou beaucoup moins anciennes suivant les cas; sur bien des points, ces sables sont recouverts par des couches rougeâtres minces, pseudo-diluvium rouge, dépôt positivement plus récent mais de date encore incertaine ; il pourrait être un peu plus ancien que le renne, ou contemporain, ou un peu plus récent même sur quelques points. Enfin vient en certains endroits, sous une mince couche de terre végétale, un quatrième dépôt limoneux, jaunâtre, d'origine fluviatile, espèce de lœss ; et M. Roujou termine ainsi : « Remarquons qu'à Levallois ce dépôt limoneux, ce lœss quaternaire, manque parfois et que le pseudo-diluvium rouge se

(1) *Bul. de la Soc. d'anthr.*, 2e série, t. IV, p. 689, t. VIII, p. 523, p. 558. *Congrès international d'anthropologie...* Stockholm 1874, pp. 65 et suiv. Buda-Pesth 1876, p. 85. *Chronologie de la pierre*, 1878, etc.

(2) Si ce sont des alluvions de débordement, le creusement ou recreusement de la vallée était terminé quand ces couches se sont déposées, le thalweg était même un peu plus bas qu'il ne l'est de nos jours, et le léger remplissage dont j'ai parlé avait commencé.

trouve en rapport avec la terre végétale, ce qui explique une foule de remaniements. D'un autre côté le voisinage de la Seine et la faible altitude peuvent très bien faire admettre que, sur certains points, non seulement les couches rougeâtres, mais encore une partie des sables gras ont été remaniés postérieurement (1). »

Déjà en 1871 il avait dit : « J'ai toujours cru et répété que les formations argilo-sableuses qui recouvrent les couches grises sur bien des points, le pseudo-diluvium rouge qui les pénètre, et le limon jaune fluviatile qui couronne tout le système, sont plus récents et représentent très probablement *le commencement d'un autre ordre de choses* (2), surtout au point de vue archéologique..... Je suis et j'ai toujours été disposé à considérer les formations dont il vient d'être question, comme voisines du début de l'époque du Renne, si elles ne sont même en partie de cet âge (3). » Or je ne pense pas que personne veuille regarder l'âge du Renne comme contemporain du dépôt de n'importe quelle partie du diluvium, comme contemporain de n'importe quelle phase du creusement ou du recreusement des vallées. M. Gaudry ne vient-il pas de nous apprendre encore récemment, comme pour lever toute hésitation à cet égard, s'il pouvait y en avoir, « que M. Massenat avait trouvé dans une grotte située très près du niveau actuel de la Vézère les mêmes silex taillés que dans l'abri sous roche du Moustier, type du Moustérien de M. de Mortillet (4) ? » Cette industrie du Moustier, *de la grotte du Moustier*, est donc postérieure au moment où le pays a fini de prendre sa configuration actuelle ; à plus forte raison en est-il de même pour l'âge du Renne.

(1) *Bul. de la Soc. d'anthr.*, 2e série, t. IX, p. 296 et suiv.

(2) C'est moi qui ai souligné cette expression dont la justesse me paraît complète.

(3) *Bul. de la Soc. d'anthr.*, 2e série, t. VI, pp. 279 et suiv.

(4) A. Gaudry. *Matériaux pour l'histoire des temps quaternaires*, 2e fascicule. Savy 1880. Compte rendu dans *Matériaux pour l'histoire primitive et naturelle de l'homme*. Toulouse, 1880, p. 114.

A Grenelle, l'existence de ces remaniements, de ces apports postérieurs au dépôt du diluvium, ressort également des paroles mêmes de M. Hamy. Ces couches moyennes (1), « dans lesquelles apparaissent des silex qui ont une affinité toute particulière avec ceux des cavernes du Midi (Cro-Magnon) (2) (*sic*), » dans lesquelles « l'industrie est comparable à celle de certaines cavernes plus récentes que celle du Moustier, » dans lesquelles « les silex sont accompagnés d'ossements évidemment incisés (3), » ne correspondent-elles pas certainement à une époque postérieure au dépôt du diluvium ?

Au contraire, dès que nous nous élevons un peu, dès que, tout en restant dans les bas niveaux, nous dépassons cependant la hauteur qu'ont pu atteindre les crues les plus considérables depuis la fin du creusement ou du recreusement des vallées, à Chelles, nous trouvons un gisement dans lequel l'absence de formations, de remaniements postérieurs, ne sera pas contestée par M. de Mortillet, j'en ai la conviction. J'en dirai autant de celui de Thennes ; et si ce non-remaniement ne constitue qu'une preuve négative en faveur de ma manière de voir, il s'accorde au moins parfaitement avec elle, bien mieux, si je ne me trompe, qu'avec les théories de mon redoutable adversaire.

En résumé, même en se mettant au point de vue de M. Prestwich, ou à celui de M. de Mortillet, que l'on adopte soit le creusement des vallées du premier, soit la réexcavation du second, il est nécessaire de séparer du vrai diluvium les couches qui le recouvrent en certains endroits des plaines de fond des vallées, notamment dans les environs de

(1) C'est dans ces couches que l'on a trouvé de nombreux blocs erratiques. Cette circonstance mérite d'être notée. Ces blocs n'ont-ils pas été apportés par des hommes établis sur les alluvions antérieures.

(2) *Matériaux*... 1874, p. 249 et *Congrès de Stockholm*, 1874, p. 772.

(3) *Bul. de la Soc. d'anthr.*, 2e série, t. v, p. 136, 137. Il ne s'agit pas, on le voit, de l'industrie du Moustier, mais d'une industrie postérieure, incontestablement.

Paris; car ces formations proviennent de remaniements ou d'apports effectués certainement après, à l'époque qui a vu le pays prendre son relief actuel et que j'appellerai *époque diluvienne*. Elles représentent « *le commencement d'un autre ordre de choses*, » comme M. Roujou l'a très heureusement dit, bien qu'avec un léger doute. On les range parmi les alluvions quaternaires, parce que l'on fait durer l'époque quaternaire jusqu'à celle de la pierre polie, mais il y a une distinction profonde à établir entre elles et le vrai diluvium ; on ne saurait pas plus les confondre avec ce dernier dépôt, qu'on ne pourrait réunir soit à elles, soit au diluvium, les assises superficielles dans lesquelles se rencontre l'industrie de la pierre polie.

Cette distinction essentielle une fois reconnue, et je la crois inattaquable, M. de Mortillet peut-il maintenir, dans la couche qui seule reste diluvienne à Grenelle et à Levallois, la superposition du type du Moustier à celui de Saint-Acheul ? Je ne le pense vraiment pas.

Je ne ferai que rappeler les conclusions auxquelles M. Reboux est arrivé à la suite de ses recherches si prolongées et si fructueuses. On sait qu'elles intervertissent totalement l'ordre adopté par le savant conservateur adjoint du musée de Saint-Germain (1). Elles ont été discutées ; elles le seront peut-être encore ; et, comme je l'ai fait dans ma première lettre pour la statistique des silex travaillés, je préfère accepter les données fournies par un autre observateur distingué. Ces données, je le crois, ne seront pas contestées par mes contradicteurs.

Que dit donc M. Roujou cette fois encore? « Le type ovalaire de Saint-Acheul se montre dès la base des graviers... il y est confondu avec des couteaux et des débris de taille, des nuclei et un type spécial bien connu des archéologues sous le nom du type du Moustier (2); » et ailleurs : « Malgré de très longues recherches, je n'ai

(1) Loc. cit.
(2) *Bul. de la Soc. d'anthr.*, 2e série, t. v, p. 126.

rien trouvé qui pût permettre de les diviser rigoureusement [les alluvions inférieures] tant au point de vue des fossiles que des débris de l'industrie humaine (1) » ; et encore : ce dépôt inférieur « renferme la faune des bas niveaux et des silex du type de Saint-Acheul, des types du Moustier, quelques disques et des couteaux, peut-être des racloirs très grossiers. Ces objets peut-être plus fréquents à la base, se présentent dans toute la masse, qu'il est impossible, pour le moment, de diviser en deux assises (2). » Puis-je demander mieux? car je ne sache pas que la division déclarée encore impossible, il y a quelques années, par M. Roujou, ait été en rien établie depuis.

Si nous traversons la Seine, M. Hamy nous apprendra que dans les graviers de fond, « avec ses Éléphants, son Hippopotame, son Felis, M. Martin trouvait assez fréquemment les deux principales formes de haches de la Somme, le disque de l'Ariège, etc. (*sic*) (3) ; » et il n'indiquera pas de superposition de types dans ces alluvions inférieures.

Mes recherches personnelles dans la sablière du Pecq m'ont fourni des résultats exactement semblables; et dernièrement j'ai *recueilli* dans les environs de ce gisement une nouvelle preuve que, si des remaniements ont introduit dans les couches supérieures du diluvium du fond des vallées des objets plus récents que ce diluvium, le type de Saint-Acheul existait encore parfaitement quand ces couches supérieures se sont déposées primitivement. On m'a apporté une charmante hache, du type de Saint-Acheul, semblable pour la forme à celle que M. Bataillard a donnée au musée de Saint-Germain, et nullement roulée. Elle avait été ramassée à la surface du sol, près de la ferme de la Borde,

(1) Ibid., t. VI, p. 279.

(2) Ibid., t. IX, p. 296. Il ne faut pas oublier que la faune des bas niveaux de M. Roujou comprend l'Elephas antiquus, le Rhinoceros Merckii, l'Hippopotamus major et le Trogontherium recueillis par M. Reboux.

(3) *Bull. de la Soc. d'anth.*, 2e série, t. V, p. 136. Voir aussi *Congrès de Stockholm*. 1874, p. 772.

c'est-à-dire au niveau, ou bien peu s'en faut, auquel se trouve le dessus des carrières du Pecq.

Dans le bassin de la Somme, il faut bien que je le répète encore, je n'ai pas trouvé non plus trace de la superposition d'un type à l'autre. Je n'ai pas, il est vrai, étudié d'une façon assez suivie les stations d'Abbeville et de ses environs pour pouvoir, en ce qui les concerne, me fier absolument à mes observations ; ce n'est pas en deux ou trois visites à une sablière, ce n'est pas en quelques heures, que l'on peut, selon moi, se former une opinion suffisamment certaine sur ce que renferment ses couches. Mais ce qui me donne confiance dans mes appréciations, c'est qu'elles sont d'accord, si je ne me trompe, avec celles de l'unanimité, moins un, des éminents géologues qui se sont longuement occupés de ces gisements. A l'exception de M. de Mortillet, aucun d'eux, je crois, n'y a signalé la superposition d'un type à l'autre. Au contraire, l'illustre Lyell dit que quatre couteaux ont été trouvés par des ouvriers qu'il employait à déblayer un trou à Menchecourt, dans un lit de sable qui reposait sur la craie (1) ; cela indiquerait que le type du Moustier n'est pas précisément rare à la base de ces dépôts tout à fait inférieurs du fond de la vallée de la Somme, que M. de Mortillet maintient pourtant parmi les plus anciennes formations quaternaires. Même dans nos gisements les plus riches, il faut souvent remuer bien des cailloux et bien du sable avant de rencontrer un silex taillé.

De plus, ne puis-je pas en appeler de M. de Mortillet à une autorité qu'il ne contestera pas ? Ne puis-je pas rappeler une fois encore qu'il y a quelques années M. de Mortillet rangeait les gisements d'Abbeville à côté de celui de Saint-Acheul, parmi ceux des hauts niveaux et dans l'époque de Saint-Acheul (2), sans faire de distinction entre

(1) Lyell. *Ancienneté de l'homme...* trad. Chaper, 1864, pp. 127 et 128,

(2) *Congrès international d'anthropologie.* Bruxelles, pp. 432 et suiv. et *Matériaux...* 1872, pp. 663 et suiv.

les couches de ces alluvions, ni entre les silex taillés qu'elles renferment. S'il y avait là ce « grand amas d'alluvions du fond des vallées, amas remanié, dû en majeure partie à la période de réexcavation ou d'exhaussement, » contemporain de la seconde époque anthropozoïque, de l'époque du Moustier, comment ne l'aurait-il pas reconnu et signalé dès lors?

A Saint-Acheul (1), je crois pouvoir non seulement invoquer le témoignage des autres, mais encore mentionner le résultat de mes propres observations. Depuis douze ans j'étudie avec persévérance ce célèbre gisement, et je n'y ai jamais rien vu qui justifiât la théorie de superposition que je combats. Les réponses que les ouvriers, travaillant soit isolément, soit plusieurs ensemble, ont tant et tant de fois faites à mes questions — réponses qui se contrôlaient les unes par les autres, — l'étude des patines dont les couleurs ont l'avantage immense, et parfaitement reconnu par M. de Mortillet, d'indiquer dans ces alluvions les couches où reposaient les silex travaillés qu'elles recouvrent, tout, en un mot, m'a constamment prouvé que les types de Saint-Acheul et du Moustier, que toutes les formes d'armes ou d'outils se rencontrent également, sans distinction, à toutes les profondeurs. Et il a même fallu que l'évidence des faits m'ouvrît les yeux ; car, plein de confiance sur ce point dans les opinions de M. de Mortillet, j'ai commencé mes recherches à Saint-Acheul, sans même soupçonner qu'il pût s'y trouver des objets du type du Moustier.

En vérité, je désirerais vivement que le débat pût être porté devant une espèce de commission, à laquelle j'aurais l'honneur de présenter les silex que j'ai recueillis. Plusieurs savants ont pris la peine de venir les voir; sinon tous, au moins presque tous, ils m'ont demandé après les avoir examinés : « M. de Mortillet a-t-il vu cela? Qu'en dit-il? » Je ne rapporte, bien entendu, ces paroles

(1) Je ne parle pas de Thennes, aucune contradiction n'étant possible pour ce gisement, qui n'est encore connu que de moi.

que comme ayant trait à la théorie de la superposition du type du Moustier à celui de Saint-Acheul, et de la très grande rareté, pour ne pas dire de la non-existence, du premier dans les couches inférieures et moyennes.

Que le type de Saint-Acheul soit prépondérant à Saint-Acheul, tandis que celui du Moustier l'est à Paris, je ne l'ai jamais nié ; je l'ai encore reconnu positivement dans ma première lettre, et je crois inutile de revenir sur la signification que peut avoir la plus grande abondance ici ou là de l'une ou de l'autre de ces formes. Du moment qu'une superposition véritable, directe, et je dirai même générale, d'une industrie à l'autre n'existe pas, on ne saurait établir une relation chronologique entre elles ; et même je comprends moins que jamais comment M. de Mortillet peut assigner maintenant une plus grande ancienneté à l'une qu'à l'autre. En effet, d'après ses nouvelles considérations, et je suis heureux d'être d'accord d'une certaine façon avec lui sur ce point, les alluvions inférieures de Levallois, « ces alluvions tout à fait inférieures du fond de la vallée, » remontent à la première époque anthropozoïque, et sont contemporaines de l'industrie de Saint-Acheul ; or dans ces couches inférieures, M. Roujou nous l'a dit (1), il est impossible de discerner deux assises, d'établir aucune division archéologique ; les types de Saint-Acheul et du Moustier y sont confondus dès la base (2) ; et comme la prépondérance du Moustérien y est incontestée, elle doit y être forcément, pour M. de Mortillet lui-même, contemporaine de la prépondérance de l'Acheuléen à Saint-Acheul.

Mais, me dira-t-on peut-être, comment se fait-il que des remaniements, des apports nouveaux, semblables à ceux que vous reconnaissez dans les alluvions supérieures des environs de Paris, mais que vous prétendez être postérieurs

(1) Je prie de remarquer que je ne parle pas de l'opinion de M. Reboux, d'après laquelle le Moustérien règnerait dans ces assises, au-dessous de celles où dominerait l'Acheuléen.

(2) Loc. cit., et entre autres, t. v, p. 126.

à l'époque du creusement ou du recreusement des vallées, au moment où le pays a fini de prendre sa configuration actuelle, en sorte que les couches nouvelles qui en sont résultées doivent être soigneusement et rigoureusement exclues du diluvium, comment se fait-il que des modifications analogues n'aient pas affecté les gisements du bassin de la Somme ?

Pour les stations situées à une certaine hauteur au-dessus du fond de la vallée — cette hauteur fût-elle relativement assez peu considérable — la réponse est facile. C'est que, de même que celles de Chelles dans la vallée de la Marne, ces formations se sont trouvées au-dessus du niveau des plus grandes crues, depuis la fin du dépôt du diluvium. Mais pour Saint-Roch, Montières, Abbeville, Mautort et Menchecourt, il n'en est plus de même, et à cause de ces gisements, on me paraît obligé d'admettre qu'il n'y a pas eu dans la vallée de la Somme les mêmes causes de remaniement, les mêmes grandes eaux que dans celle de la Seine. Cette différence doit d'ailleurs sembler d'autant moins extraordinaire, qu'elle existe encore aujourd'hui ; tandis que la Seine a des débordements assez fréquents et d'une certaine impétuosité, la Somme ne connaît rien de semblable ; et les circonstances qui produisent cette tranquillité, cette uniformité, et qui font aussi que le volume de la rivière est peu considérable, ont toujours existé depuis que le pays a son relief actuel ; si je ne me trompe pas en les reconnaissant dans la configuration peu ou plutôt point accidentée de la région, dans la perméabilité du sol et dans l'exiguïté du bassin.

A ces raisons on pourrait, il me semble, en ajouter une autre. Je veux parler de la présence du manteau de limon qui recouvre le diluvium gris à Saint-Roch, à Montières, à Mautort et à Menchecourt, aussi bien qu'à Saint-Acheul. Je n'ai rien dit jusqu'à présent de ce dépôt, parce qu'il ne fait évidemment pas partie des alluvions auxquelles il est superposé ; personne, je

crois, ne l'a confondu avec elles. Sa composition, les cailloux anguleux, non roulés, qu'il renferme souvent dans sa partie inférieure, les ravinements qu'il a opérés dans le diluvium gris, sa présence sur toute la surface du pays, depuis les plateaux et même les lignes de faîte jusqu'au voisinage du niveau de la mer, tout oblige à reconnaître en lui une formation particulière, distincte (1). D'un autre côté, sa situation directe, sans jamais aucune couche intermédiaire, sur le diluvium gris, les fossiles que contient en Belgique (2) son assise inférieure — l'Ergeron, — et les silex taillés qui reposent à sa base dans la veine de cailloux anguleux, et qui sont identiques à ceux des alluvions diluviennes sous-jacentes, empêchent de lui assigner une date fort postérieure à celle de ces alluvions; et quelle que soit l'origine qu'on lui attribue, je le regarde comme clôturant, en quelque sorte, la période diluvienne, d'autant plus que c'est lui qui a donné le dernier trait à la configuration actuelle du pays qu'il recouvre tout entier.

Il me paraît, monsieur, correspondre tout à fait à la formation que vous avez décrite dans l'appendice du *Mâconnais préhistorique* (3); je crois également le reconnaître dans l'argile à silex remaniée, stratifiée, dans le limon ferrugineux, et peut-être dans l'argile à chailles lavée et charriée (4), que vous avez étudiés avec tant de soin plus récemment, et aussi dans les limons qu'indique M. Tardy, comme s'étendant sur tous les plateaux du Mâconnais (5).

Je suis très disposé à voir, avec M. Hébert, dans cette formation l'indice d'un *hiatus* véritable (6). MM. de Mercey (7) et

(1) J'ai déjà signalé ces différences dans mon essai sur le limon des plateaux, notamment pp. 17 et 18.

(2) Je passe sous silence ceux que l'on a trouvés chez nous, ils sont tellement rares, que l'on peut presque dire que jusqu'à présent ils font défaut.

(3) Ferry, loc. cit., p. 116.

(4) A. Arcelin. *Formations tertiaires et quaternaires des environs de Mâcon*. Savy, 1877, pp. 22, 35, 70, 71, 72 et 77.

(5) *Bul. de la Soc. géol.*, 3e série, t. v, p. 729 et t. vi, pp. 148 et 401.

(6) *Congrès de Bruxelles*, pp. 149 et 456.

(7) *Mémoires de la Société Linnéenne du Nord de la France*, t. iv, p. 18.

Tardy (1) reconnaissent aussi l'un et l'autre cet hiatus; mais ils le croient bien plus récent, puisqu'ils le placent entre l'âge du Renne et l'époque de la pierre polie. Cette date me semble inadmissible ; un phénomène assez énergique pour recouvrir tout le pays de dépôts boueux, n'aurait laissé intacts, s'il se fût produit à ce moment, ni les foyers des grottes de la Belgique, ni les éboulis de Solutré; il les aurait bouleversés (2), ou tout au moins il aurait étendu sur eux ses alluvions. Or, sans rechercher ici jusqu'à quel point, dans quelles limites, il convient d'identifier, avec M. Dupont, « le limon fluvial quaternaire » des grottes de la vallée de la Meuse à l'Ergeron, l'argile à blocaux, qui seule recouvre dans ces grottes les foyers de l'âge du Renne, n'a rien de commun avec cette dernière alluvion ; elle lui est superposée en dehors des grottes, et l'Ergeron et la terre à briques, qui à bien dire ne constituent qu'une seule et même formation, me paraissent être évidemment d'une époque antérieure à celle du Renne.

Ce manteau a pu singulièrement protéger dans le fond des vallées les couches diluviennes grises, quand il leur est superposé, et en tout cas il constitue partout pour elles la meilleure preuve de non-remaniement, ainsi que le faisait remarquer, il y a longtemps déjà, l'éminent professeur que je viens de citer, lorsqu'il indiquait « la position du manteau de diluvium rouge par-dessus les cailloux roulés à ossements d'éléphants et de rhinocéros, comme la plus importante, presque la seule garantie d'intégrité du diluvium sous-jacent (3). »

Je ne me suis occupé jusqu'à présent que des débris de

(1) *Bull. de la Soc. géol.*, 2e série, t. VI, pp. 150 et 401.

(2) Serait-il possible d'en apercevoir les traces dans les « abondantes levigations » que vous avez reconnues, monsieur, dans la zone inférieure de lutré ? — *Les formations tertiaires...* p. 74.

(3) *Bull. de la Soc. géol.*, 2e série, t. XVII, p. 18, 19 et t. XXI, pp. 61 et 183. Par cette expression de « diluvium rouge » le savant professeur a évidemment entendu désigner la formation dont je parle.

l'industrie humaine; mais en me répondant pour eux, les observateurs distingués dont j'ai rapporté les témoignages, l'ont fait du même coup pour la faune, à laquelle il faut maintenant que j'arrive.

M. de Mortillet la divise, je l'ai dit, en deux groupes, l'un composé d'espèces organisées pour vivre dans les pays chauds, et l'autre ne renfermant au contraire que des animaux faits pour vivre sous les climats les plus froids ; il assure avoir trouvé dans les amas quaternaires d'Abbeville et de Levallois « de beaux exemples » de la superposition du second groupe au premier. Ce n'est pas moi, bien certainement, qui mettrai en doute un fait affirmé par notre savant confrère ; seulement je contesterai la répétition constante de ce fait, et, par suite, la valeur qui lui est attribuée.

Pour ma part, je ne connais rien qui autorise à établir cette loi générale de superposition. Je ne l'ai constatée ni au Pecq, ni à Saint-Acheul (1). Il est vrai que M. de Mortillet ne nomme pas ces stations parmi celles où il a remarqué cette disposition; mais si elle est constante, elle doit y exister comme ailleurs.

Aucun auteur ne l'a, je crois, signalée dans les gisements de la vallée de la Somme, qui ont pourtant été l'objet de tant de recherches; et, au contraire, Lyell énumère l'Elephas primigenius, le Rhinocéros et même le Cervus tarandus dans la faune des couches fluvio-marines de Menchecourt (2). Or ce sont bien là des animaux caractéristiques du groupe boréal de M. de Mortillet, et ces couches appartiennent d'un autre côté sans contredit à celles « tout à fait inférieures du fond des vallées » où ne devrait se

(1) Je ne parle pas de Thennes, les fossiles y étant d'une rarete extrême, pour ne pas dire plus.

(2) Lyell, *Ancienneté*... p. 127-128. Bien qu'il ne le spécifie pas, ce doit être évidemment du Rhinoceros tichorhinus qu'il fait mention; c'est le fidèle compagnon du Mammouth, et je ne crois pas qu'il en ait jamais été trouvé d'autre dans ce gisement. La découverte du Rhin. Merckii ou leptorhinus, ne serait certainement pas passée inaperçue.

montrer que la faune méridionale. A Saint-Acheul, l'illustre géologue anglais a également relevé une coupe dans laquelle une molaire de Mammouth est figurée en place, à une profondeur de 5m50, plutôt dans la moitié inférieure que dans la moitié supérieure du diluvium gris (1), et bien au-dessous par conséquent « des couches supérieures », dans lesquelles seules la faune boréale devrait « commencer à apparaître. »

Dans ses belles études sur le bassin de la Seine, Belgrand, si je ne me trompe, n'indique nulle part dans l'ensemble de ses graviers de fond et des sables superposés, c'est-à-dire dans le *diluvium non remanié*, la disposition dont je conteste le caractère général ; et ni à Levallois ni à Grenelle, nous venons de le voir, elle n'a été reconnue davantage par les zélés et habiles observateurs qui se sont occupés spécialement de ces gisements. L'un d'eux, M. Roujou, la nie même en termes formels.

Je crois donc, ou que M. de Mortillet a trop généralisé des faits isolés, accidentels, ou qu'à Levallois il n'a pas suffisamment remarqué que les couches dans lesquelles il voyait des ossements de sa faune boréale étaient remaniées, *postérieures au vrai diluvium*, et, par conséquent, sans autorité en ce qui concerne ce dernier.

D'ailleurs, cette superposition constante, générale, obligatoire, si je puis parler ainsi, d'une faune à l'autre, impliquerait nécessairement l'existence séparée et successive de ces deux groupes d'animaux.

Cette division et cette succession, vous en avez, monsieur, démontré la non-existence. Je vous demande cependant la permission de vous soumettre encore quelques observations sur cette question, par rapport à laquelle, — vous allez peut-être me trouver bien téméraire, — je vais plus loin que vous.

(1) Ibid., p. 139.

Vous ne voyez « qu'un moyen d'expliquer la singulière association des espèces boréales et méridionales avec la faune des régions tempérées. C'est de supposer un climat tempéré, avec des alternatives de saisons qui ramenaient en été les espèces méridionales, en hiver les espèces boréales, en sorte que les unes et les autres ont pu laisser leurs dépouilles au même lieu à de courts intervalles. C'est l'explication qu'en donne M. Boyd-Dawkins, » et vous n'en connaissez pas de meilleure.

Eh bien, je crois que tous ces animaux vivaient ensemble, dans les mêmes lieux, dans toutes les saisons — au moins chez nous — et qu'il n'est pas besoin de supposer des migrations, qui auraient été d'autant plus longues, que les conditions climatériques étaient plus semblables alors dans toute l'Europe qu'elles ne le sont aujourd'hui.

A M. de Mortillet je rappellerais, entre autres gisements, celui de Cromer, où le mélange des espèces boréales et méridionales avec la faune des régions tempérées se complique de la présence, sans remaniement, de coquilles d'eau douce et de végétaux qui habitent encore aujourd'hui l'Angleterre (1) ; je lui citerais aussi le tuf de Resson, où le Mammouth est associé à des coquilles terrestres et lacustres et à des plantes terrestres et aquatiques, « qui toutes paraissent identiques avec les espèces qui existent encore dans la contrée ou dans des contrées semblables (2). » La présence de ces mollusques et de ces végétaux, qui déterminent d'une manière positive le climat dont s'accommodaient les autres hôtes de ces stations, pourrait embarrasser, il me semble, les partisans de la division de la faune quaternaire en deux groupes auxquels des climats très chauds ou très froids auraient été indispensables ; mais elle ne prouve rien contre les migrations que vous pensez avoir eu lieu ; il me faut donc recourir à d'autres arguments.

(1) Lyell. Loc. cit., pp. 223 et suiv.

(2) Leymerie, *Statistique géologique du département de l'Aube*, p. 102, en note.

Je voudrais, monsieur, vous faire d'abord remarquer que la question des conditions nécessaires à l'existence des espèces animales est, si je ne me trompe, plus complexe qu'on ne semble le croire. Avant tout, connait-on assez les *races* quaternaires pour être bien fixé sur leurs habitudes, sur leurs besoins? Au congrès de Paris de 1867, M. de Quatrefages rappelait l'observation de Falconer, « que les paléontologistes n'avaient tenu compte jusqu'alors que des espèces, et qu'en abordant l'étude de la faune quaternaire, ils devraient nécessairement s'occuper des races (1). » Cette étude, a-t-on pu la faire suffisamment avec les débris que l'on possède, et n'est-il pas à craindre que des découvertes nouvelles ne viennent infirmer des conclusions prématurées? L'Hippopotame trouvé par M. Pomel dans la plaine d'Eghis (province d'Oran), hippopotame qui a dû vivre loin de grands fleuves qui pussent le recevoir (2), n'autorise-t-il pas à supposer que les mœurs du puissant pachyderme de la même espèce qui existait dans nos pays aux temps quaternaires, pouvaient bien ne pas être identiques à celles de ses cousins qui habitent aujourd'hui l'Afrique? Il y a déjà là, selon moi, matière à réflexion.

De plus, on n'a envisagé qu'une seule des autres faces de la question: on ne s'est attaché qu'à la condition du climat; assurément elle est très considérable, mais à côté d'elle il y en a d'autres qu'il importe également de ne pas négliger; les antagonismes d'espèce à espèce, de race à race, et plus encore, dès qu'il s'agit d'une époque pendant laquelle vivait l'homme, la destruction par la chasse, et même les degrés de sécurité, de tranquillité, qu'exigent les différentes espèces; tout cela devrait aussi être pris en sérieuse considération. Ne pourrais-je pas citer, si l'étendue d'une lettre le permettait, maint animal qui a reculé, qui a disparu, dans des temps très historiques, uniquement devant le roi de la création? N'a-t-il pas pu, n'a-t-il pas dû en être ainsi dans

(1) *Congrès d'anthropologie* etc., Paris, 1867, p. 67.
(2) *Bul. de la Soc. géol.*, 3e série, t VII, p. 48.

les temps préhistoriques (1) ; et si les espèces *émigrées* se maintiennent encore, les unes au nord et les autres au midi, quelques-unes sur des montagnes, n'est-ce pas en grande partie, — sans vouloir nier assurément une certaine modification dans le climat de notre pays, — parce qu'elles trouvent dans des régions moins peuplées, plus abruptes que les nôtres, des conditions de sûreté de plus d'un genre, qui leur ont manqué depuis longtemps chez nous (2) ?

Et dans cette question du climat, à laquelle seule on a fait attention, n'a-t-on pas été trop loin ? N'a-t-on pas été trop absolu à l'égard de la température qui serait indispensable à telle ou telle espèce ? Permettez-moi, monsieur, de m'occuper un instant d'un des animaux que l'on regarde comme les plus caractéristiques de la faune boréale, du Renne.

Je ne rechercherai pas si c'est bien lui qui habitait la forêt Hercynienne du temps de César ; je ne rappellerai ni les très curieuses considérations linguistiques par lesquelles M. Fraas a établi que le nom du gros bétail en allemand dérive de celui du Renne, ni les trouvailles faites par le même savant, dans les cavernes de la Souabe, d'ossements de ce mammifère associés à des objets de l'époque de la pierre polie (3) ; je ne mentionnerai pas le « passage véritable » qui existait dans la grotte de Sordes « entre la terre qui renfermait les squelettes — de l'époque de la pierre polie — et celle de la couche qui renfermait encore des

(1) Je suis heureux de pouvoir mettre ces observations sous la protection de celles de M. Brandt. Voir *Matériaux*... 1872, p. 552.

(2) Tout naturellement, les espèces qui aimant le froid, j'en conviens, vivraient cependant très bien sous un climat tempéré, mais ne sauraient supporter les ardeurs du soleil du midi, ne se retrouvent plus qu'au nord, et celles qui au contraire ont besoin sinon d'une température tropicale, au moins d'un climat doux, n'existent plus qu'au midi. Prises dans le sens restreint que je viens d'indiquer, les expressions de faune boréale et de faune méridionale me paraissent justes et commodes.

(3) Cazalis de Fondouce, *Pierre taillée et pierre polie*, dans *Matériaux*... 1874, p. 421 et communication au Congrès de Stockolm, *Compte rendu*, p. 121.

ossements de Renne (1) ; » je ne citerai pas les découvertes de débris du même animal faites dans les palafittes de la Poméranie et de la Nouvelle-Marche, palafittes qui « appartiennent indubitablement à un âge de fer qui paraît toucher à la période historique (2) ; » je ne ferai pas remarquer, après M. Boyd-Dawkins, que le Renne vivait encore dans le milieu du XIIe siècle, en Écosse, dans le comté de Caithness, où le lichen favori de ce ruminant abonde de nos jours (3).

Tout cela est connu depuis longtemps ; mais voici un fait qui l'est beaucoup moins, je crois, bien que chacun puisse le constater. M. le directeur du Jardin zoologique d'acclimatation de Paris m'a fait l'honneur de m'écrire, en réponse à la question que je lui avais adressée à ce sujet : « Nos rennes ont reproduit plusieurs fois. Avant l'année 1870, j'ai obtenu une deuxième génération. » Je crois pouvoir ajouter, d'après ce que m'a dit un gardien du même établissement, que si on n'a pas eu à enregistrer de plus nombreuses secondes générations, et même sans doute des reproductions que j'appellerai au 3e et au 4e degré, cela tient à ce que l'on vend les jeunes animaux. A mon assez grand étonnement, le surveillant m'a assuré que les acheteurs ne manquaient nullement.

Cette reproduction me semble, monsieur, constituer un argument sans réplique, d'autant plus même qu'assurément la maigre et peu ombreuse végétation des arbres qui abritent ces animaux dans le jardin, l'exiguïté de l'espace qui leur est alloué et le bruit qui se fait constamment autour d'eux, ne doivent pas contribuer à faciliter leur acclimatation. Aussi, malgré les exemples contraires qui ont été cités, me paraît-il évident que le Renne peut parfaite-

(1) L. Lartet et Chaplain-Duparc, *Une sépulture des anciens troglodytes des Pyrénées*, p. 32.

(2) Rud. Virchow, *Les palafittes ou constructions lacustres dans le nord de l'Allemagne*, dans *Matériaux* 1870-1871, pp. 309, 319, 320, 321.

(3) *Transactions of the international congress of prehistoric archæology*, 1868, Norwich. p. 287.

ment vivre sous notre climat, et quant à la nourriture qui lui est, dit-on, nécessaire, les lichens ne lui feraient pas défaut en France, même dans le Limousin, comme l'ont montré MM. Frossard et Lalande (1).

A plus forte raison devait-il prospérer au sein d'une température plus égale, moins sujette aux variations considérables, et en même temps plus humide que ne l'est celle de nos jours. Les extrêmes de la chaleur et du froid ont une très grande importance au point de vue de l'acclimatation des animaux et des végétaux ; et les moyennes n'ont pas dans cette question une autorité complète, je dirai même suffisante, la même moyenne pouvant être fournie par des climats tout à fait différents.

Cette égalité du climat ressort en effet tout spécialement, avec son humidité, des belles études de MM. Tournouër et de Saporta sur la faune malacologique et sur la flore des tufs de la Celle, études auxquelles après vous, monsieur, je demanderai encore quelques renseignements.

Cette flore et cette faune n'accusent pas tant un climat plus méridional qu'un climat plus humide, plus tiède et plus égal que le nôtre ; ce climat avait une grande analogie avec celui qui règne encore aujourd'hui sur certains points de nos côtes de l'Ouest. Un climat général plus uniforme, plus humide, plus clément, s'étendait alors dans toute l'Europe, et permettait une plus grande diffusion de la flore et de la faune, une association d'espèces malacologiques ou végétales actuellement éteintes ou émigrées. Bien que les tufs de la Celle reposent, comme je l'ai dit en commençant, sur le diluvium gris et lui soient par conséquent postérieurs, leur faune malacologique se rattache tellement à celle de ce dépôt par sa physionomie générale, par sa composition, par son caractère mixte, que M. Tournouër, lorsque la superposition de l'une de ces formations à l'autre n'était

(1) *Matériaux*... 1876, p. 510, et 1877, p. 198. M. le pasteur Frossard formule la conclusion à laquelle je me suis arrêté moi-même, à savoir que le Renne a été détruit par les chasseurs dans les Pyrénées.

pas encore reconnue, concluait à la contemporanéité des deux. Une ressemblance non moins grande existe entre la faune malacologique et la flore des tufs de la Celle, et celles des tufs de Cannstadt dans lesquels se trouve le Mammouth; ces deux dépôts peuvent être regardés comme appartenant à la même époque, et c'est là un nouvel argument en faveur de la contemporanéité du premier avec la faune à Elephas primigenius (1).

Voilà bien, si je ne me trompe, les résultats auxquels ont conduit deux sciences différentes, la conchyliologie et la botanique. Leur concordance ajouterait à leur certitude, si l'autorité des naturalistes qui les ont obtenus n'était pas de celles qui n'ont pas besoin d'être contrôlées. Ces renseignements ne sont d'ailleurs nullement en désaccord avec ceux que M. de Mortillet avait tirés de l'étude des coquilles des sables à Elephas primigenius de Menchecourt (2); et ce même savant souscrivait « pleinement, » on peut dire, aux conclusions du premier mémoire de M. Tournouër (3), par conséquent à la contemporanéité des tufs de la Celle avec la faune à Elephas primigenius, et à Rhinoceros tichorhinus, et à l'uniformité, à la grande humidité et à la chaleur un peu plus forte du climat de l'Europe à l'époque de cette faune que de nos jours.

D'un autre côté, M. Bourguignat a dit dans son travail sur les coquilles du diluvium gris de la Seine : « En hiver le froid n'était pas d'une très grande intensité, en été la chaleur, sauf de bien rares exceptions, ne devait pas être

(1) Voir entre autres endroits : *Bul. de la Soc. géol.*, 3e série, t. v, pp. 660, 661, 662, 650, 651, t. II, pp. 442, 450, 451. *Congrès de Stockholm*, p. 103. *Association française pour l'avancement des sciences*, Congrès de Clermont-Ferrand, 1876, pp. 647, 648, 649.

(2) *Bul. de la Soc. géol.*, 2e série, t. xx, p. 295.

(3) Ibid., 3e série, p. 452. M. de Mortillet ne faisait de réserve que sur l'habitat de l'Helix acies. On croyait alors les tufs de la Celle sinon inférieurs au diluvium gris, au moins du même niveau que lui, tandis qu'aujourd'hui il est prouvé qu'ils lui sont superposés. Mais cette rectification n'empêche pas les autres données de subsister.

non plus bien forte. L'écart des températures estivale et hivernale était donc à peu près nul (1). »

Enfin, M. le docteur Fischer a bien voulu m'autoriser à répéter que, « d'après la faune malacologique du bassin de la Somme, le climat durant l'époque quaternaire devait — selon lui — peu différer, dans cette région, du climat actuel; qu'il devait seulement être plus égal, et plus humide. »

De tous ces renseignements ne suis-je pas en droit de conclure :

Que la faune *boréale* n'avait pas besoin pour vivre d'une température bien rigoureuse, puisque malgré « sa laine épaisse » le mammouth s'accommodait du climat tiède et uniforme de l'époque pendant laquelle se sont formés les tufs de Cannstadt et de la Celle.

Que le climat de l'époque du diluvium devait être le même, ou à bien peu de chose près, que celui qui régnait lors de la formation de ces tufs.

Que la physionomie toute particulière que la faune malacologique et la flore de ces tufs empruntent l'une et l'autre à l'association d'espèces dont plusieurs sont aujourd'hui *éteintes ou émigrées*, est la même que celle de la faune du diluvium soit chez les mollusques, soit chez les mammifères.

Et enfin que, non seulement il est impossible de classer les mammifères quaternaires en deux groupes, qui n'auraient pas pu vivre dans la même période climatérique, mais qu'il n'est nullement nécessaire de les classer en deux groupes qui n'auraient pas coexisté complètement, con-

(1) Belgrand. *La Seine*... Annexe. *Catalogue des mollusques terrestres et fluviatiles des environs de Paris à l'époque quaternaire*, par Bourguignat, p. 24. Ce savant naturaliste croit, il est vrai, que la température « était relativement plus froide que la nôtre, mais sans être rigoureuse. » Mais cette partie de ses conclusions est combattue par M. Tournouër, et avec succès, il me semble, s'il m'est permis d'avoir un avis en des controverses aussi savantes. — *Bul. de la Soc. géol.*, 3e série, t. II, p. 450.

stamment, et qui auraient été obligés d'émigrer suivant les saisons. En effet, si ces déplacements avaient été indispensables pour ces groupes, dont les races ne sont même pas peut-être parfaitement déterminées, pour lesquels les conditions essentielles de la vie ont bien pu être quelque peu exagérées, des voyages analogues n'auraient pas dû être moins nécessaires tant pour les mollusques du diluvium que pour les mollusques et les végétaux des tufs, dont les mœurs sont très exactement connues. La coexistence constante, sans migrations, de ceux-ci ne paraît pas moins extraordinaire que celle de ceux-là. Elle est incontestable pour les seconds; pourquoi serait-elle impossible pour les premiers? Le climat humide, tiède, égal, aussi éloigné de très fortes chaleurs que de très grands froids, semblable en un mot à celui de certaines stations de nos côtes de l'Océan, qui était indispensable pour que les uns pussent vivre toujours ensemble, n'a-t-il pas dû permettre aux autres d'en faire autant?

Il ne faut pas oublier non plus que les migrations des mammifères auraient dû être d'autant plus longues, je l'ai déjà fait remarquer, qu'à cette époque, le climat était « plus général, plus uniforme dans toute l'Europe (1), » que, « malgré les variations dues à l'influence de la latitude, l'Europe offrait des différences beaucoup moins tranchées que de nos jours des bords de la Méditerranée au centre du continent (2). » Et quand même cette période aurait été aussi celle de la grande extension des glaciers, — ce que je n'examinerai pas — est-il besoin de rappeler ce que l'on a déjà dit tant de fois des glaciers de la Nouvelle-Zélande, qui descendent en quelque sorte jusqu'au milieu des palmiers et des fougères arborescentes, sous une latitude qui correspond dans l'hémisphère austral à celle de nos Pyrénées (3)?

(1) Tournouër, dans *Bull. de la Soc. géol.*, 3e série, t. v, p. 662.

(2) Comte de Saporta, dans *Congrès de Stockholm*, p. 103.

(3) Dupont. *Congrès de Stockholm*, p. 110 et *L'homme pendant les âges de la pierre dans les environs de Dinant-sur-la-Meuse*, 2e éd., 1872. pp. 55 et

Maintenant, que des extinctions se soient produites parmi les espèces de la faune quaternaire, postérieurement au dépôt du diluvium, cela est certain ; qu'elles aient été successives, c'est plus que probable; mais peuvent-elles, comme vous le pensez, monsieur, nous fournir des indications chronologiques ? Je dois vous avouer que je ne partage pas votre opinion à ce sujet.

Ainsi que l'a fait remarquer M. de Mortillet, et, quelles que soient même les causes qui aient concouru à ces extinctions, le même animal n'a très certainement pas disparu partout au même moment ; il faudrait donc déjà, comme vous l'avez parfaitement indiqué, établir des zones climatologiques et, je dirai, des zones d'extinction ; or ces zones ne seraient pas faciles à déterminer. De plus, l'absence des débris de telle ou telle espèce dans les foyers des grottes ou des abris sous roche ne prouve pas absolument la non-existence de cette espèce dans la région environnante, au moment où ces stations étaient habitées. Par suite de leurs habitudes, de leurs goûts, les sauvages se nourrissent souvent de certaines viandes de préférence à d'autres (1); et leurs idées superstitieuses leur font fréquemment aussi respecter quelque animal, qu'ils se gardent bien alors de tuer et à plus forte raison de manger.

Quant au diluvium, *au diluvium non remanié*, si j'ai réussi à prouver qu'il n'y existe aucune véritable superposition pour les fossiles, j'aurai montré par cela même qu'on ne peut y signaler aucune extinction d'animaux.

Mais s'il n'y a pas de traces de ces extinctions dans le diluvium ; si la coexistence de la faune méridionale et de la faune boréale de M. de Mortillet est incontestable à une époque préhumaine ; si cette coexistence a très bien pu se

suiv. — Lartet, *Note sur deux têtes de carnassiers fossiles*, 1867, pp. 35 et suiv.

Les conclusions auxquelles s'étaient arrêtés ces savants ont reçu des trouvailles de la Celle une éclatante confirmation.

(1) L'énorme agglomération d'ossements de chevaux à Solutré n'en est-elle pas la preuve ?

continuer pour toutes ces espèces, et s'est certainement continuée au moins pour quelques-unes d'entre elles depuis l'apparition de l'homme ; si rien ne prouve la succession d'un climat froid à un climat chaud et celle d'une faune boréale à une faune méridionale depuis cette apparition, est-il bien démontré que toutes les espèces de cette faune dite méridionale aient vécu en même temps que l'homme? Je voudrais, monsieur, vous faire part du doute qui s'est emparé de moi à cet égard. Je me demande si l'Elephas antiquus, les Rhinoceros Merckii, Etruscus et leptorhinus et l'Hippopotamus major ont réellement coexisté avec nos aïeux.

On a trouvé des ossements de ces énormes pachydermes dans des alluvions qui renferment des débris de l'industrie humaine, je n'en disconviens pas assurément, mais on a rencontré, dans ces mêmes alluvions, des restes d'Halitherium (1), des quantités de coquilles tertiaires, et l'on n'a jamais songé à conclure à la contemporanéité de ces espèces avec l'homme. Il ne faut pas oublier que le diluvium a emprunté ses éléments à des formations antérieures, et qu'il renferme des témoins de plus d'une époque. Nulle part, que je sache, on n'a trouvé, dans des dépôts qui recèlent des silex travaillés par l'homme, d'ossements des espèces que je viens de nommer, juxtaposés dans leur ordre normal, de façon à montrer « qu'ils étaient encore articulés ensemble, qu'ils étaient encore entourés de muscles, réunis par leurs ligaments, au moment de leur ensevelissement dans les alluvions, » et que par conséquent les animaux auxquels appartenaient ces membres vivaient fort peu de temps avant la formation de ces dépôts, et coexistaient avec l'homme (2).

(1) Reboux, dans *Mémoires de la Société d'ethnographie* 1873, p. 225, et *Congrès de Stockolm* 1874, p. 66.

(2) Une jambe et un squelette de Rhinoceros tichorhinus ont été découverts dans ces conditions à Menchecourt (Lyell, loc. cit., p. 130). A Montreuil, une jambe complète d'Aurochs gisait dans sa position naturelle (Belgrand, loc. cit., p. 176). Bien que je fasse des réserves précisément sur l'âge de ce gisement de Montreuil, je cite ce dernier fait comme exemple, dans des alluvions, de la juxtaposition dont je viens de parler.

Les débris de cet Éléphant, de ces Rhinocéros, ceux d'Hippopotame qui ont été recueillis — et ils sont relativement peu nombreux — dans des graviers qui renferment des objets façonnés par l'homme, étaient, sauf dans le gisement de Chelles sur lequel je reviendrai tout à l'heure, disséminés et comme isolés au milieu d'une faune qui ne serait pas, si je puis parler ainsi, complètement la leur ; rien ne s'opposerait à ce qu'ils eussent été apportés là par remaniement d'un terrain antérieur. Ils manquent à Cœuvres, dans ce gisement dû probablement à un courant violent, que son élévation au-dessus du fond de la vallée — 25 ou 30 mètres — doit faire ranger par mes adversaires dans les premiers temps de l'époque quaternaire, et dans lequel on a recueilli avec le Bœuf, le Cheval, le Cerf, l'Ours, et le Rhinoceros tichorhinus, les ossements de quarante Mammouths (1). Cette absence serait bien extraordinaire, si ces espèces eussent encore vécu au moment de la formation de ce dépôt.

Par contre, dans les alluvions dont la faune reçoit de la réunion, de l'abondance des espèces qui me semblent préhumaines, et aussi de l'absence d'autres espèces certainement contemporaines de l'homme, une physionomie particulière, différente de celle de la faune des stations où reposent des débris de l'industrie humaine, ces mêmes débris ont fait défaut jusqu'à présent.

A Cromer, où l'Elephas primigenius et tout le reste de la faune quaternaire, sauf cependant le Rhinoceros tichorhinus, se rencontrent déjà, mais où l'Elephas meridionalis, l'Elephas antiquus, le Rhinoceros Etruscus et l'Hippopotamus se trouvent groupés ensemble, il n'y a aucun vestige de l'homme ; et il faut traverser le boulder-clay et le dépôt tourbeux formé dans une dépression creusée dans ce boulder-clay, pour arriver, à Hoxne, aux sables et

(1) *Bul. de la Soc. géol.*, 2e série, t. XXI, p. 289, t. XXII, p. 30. Belgrand, loc cit., p. 173 et passim.— Il est inutile de rappeler que des silex taillés ont été trouvés avec ces fossiles.

aux graviers qui renferment des silex taillés du *type de Saint-Acheul* (1).

A Saint-Prest, où le Rhinoceros leptorhinus et l'Hippopotame semblent bien dans leur milieu, si je puis m'exprimer de la sorte, réunis qu'ils sont entre eux et à l'Elephas meridionalis, sans mélange de Mammouth, ni de Rhinoceros tichorhinus, ni de Renne, il me paraît évident qu'il faut renoncer à chercher des traces du travail humain sur les ossements ou sur les silex.

A Montreuil, où la faune a, elle aussi, dans son ensemble, un aspect particulier, grâce à son Elephas antiquus, à ses très nombreuses dents de Rhinoceros Merckii, Etruscus, ou leptorhinus, à son Hippopotame, et aussi à l'absence du Rhinoceros tichorhinus et du Renne, on n'a trouvé aucun silex taillé (2).

A Sainte-Suzanne (Mayenne), les limons qui renfermaient cinq dents de Rhinoceros Merckii, n'ont rien fourni, si je ne me trompe, qui révélât la présence de l'homme, tandis que, non loin de là, les gisements du couloir de Louverné et des grottes du même endroit ou des environs, avec l'Elephas primigenius, le Rhinoceros tichorhinus, et toutes les espèces qui les accompagnent dans une faune franchement contemporaine de l'homme, ont donné des débris de l'industrie humaine (3).

A Chelles, il est vrai, la faune dont on a recueilli les ossements, en même temps que des silex travaillés, présente un caractère spécial, analogue à celui que l'on remarque à Saint-Prest et à Montreuil ; mais elle est peu nombreuse jusqu'à présent, et il serait peut-être prématuré de se former dès maintenant une opinion sur sa composition véritable ; puis, serait-il impossible que les haches que l'on a trouvées dans ce gisement, eussent été introduites

(1) Lyell, loc. cit., p. 175 etc.

(2) Belgrand, loc. cit., p. 177 et suiv. et p. 181.

(3) A. Gaudry, *Matériaux pour l'histoire des temps quaternaires*. 1er fascicule. Savy. 1876, pp. 60, 61 et passim.

pendant la période diluvienne, dans une alluvion antérieure, par un remaniement qui n'aurait pas complètement bouleversé, détruit le dépôt préexistant? Dans ma première lettre, j'ai déjà eu, monsieur, l'honneur de vous indiquer en passant cette hypothèse d'un remaniement par de hautes eaux; M. Chouquet l'avait entrevue, mais sans s'y arrêter (1). Ce qui semblerait lui donner un appui, c'est que, si « on rencontre de ces haches jusqu'au bas même de cette couche (la couche inférieure), c'est surtout à la naissance de ce banc aggloméré qu'on en trouve le plus (2). » Or, dans le vrai diluvium, c'est le contraire qui s'observe; c'est vers le fond que les silex taillés se rencontrent ordinairement en plus grand nombre.

Au reste, je ne viens pas assurément opposer une négation absolue à la coexistence de l'homme avec les mammifères que j'ai nommés plus haut; j'exprime simplement un doute que m'a suggéré la concordance de plusieurs faits, et je pose un point d'interrogation dans l'espoir de provoquer peut-être de nouvelles observations qui permettent de donner une solution définitive à cette intéressante question.

Mais quelle que doive être cette solution, quand bien même l'Elephas antiquus, le Rhinoceros Merckii, etc., auraient vraiment cessé de vivre avant l'apparition de l'homme chez nous, ils n'en auraient pas moins positivement coexisté plus anciennement avec le groupe boréal de M. de Mortillet; en outre, des autres représentants du groupe méridional du même savant, deux, le Lion et l'Hyène des cavernes ont certainement traversé toute l'époque quaternaire (3), et le troisième, l'Ursus spelæus, s'il n'en a pas fait autant, en a été bien près (4); et, en résumé, que les pachy-

(1) *Matériaux*, 1878, p. 26.

(2) Ibid., p. 24.

(3) Voir comme document tout récent : A. Gaudry, loc. cit., 2e fascicule dans *Matériaux*, 1880, p. 115.

(4) Voir entre autres dans *Matériaux*, 1879, p. 528, les trouvailles de M J. Ollier de Marichard dans une caverne de la vallée de l'Ardèche.

L'Ours des cavernes n'existait-il même peut-être pas encore au temps de

dermes que j'ai indiqués aient ou n'aient pas été contemporains de nos ancêtres, la distinction et la succession de deux faunes et de deux climats ne sauraient être reconnues pendant la période humaine (1).

Seulement, si mes doutes venaient à être confirmés, le gisement de Montreuil devrait être éliminé de cette période et, par conséquent, de la première époque quaternaire de M. de Mortillet, puisque cette première époque est déjà « anthropozoïque. » Il pourrait être assimilé à celui de Saint-Prest, que plusieurs géologues n'ont jamais considéré comme quaternaire; et tous les deux, un peu antérieurs au forest-bed, mais appartenant à peu près au même horizon, seraient peut-être des témoins épargnés, non remaniés, de la fin des temps pliocènes, si M. de Mortillet le veut, de l'époque du creusement des vallées; ou bien ils devraient être attribués à une époque post-pliocène, quaternaire primitive, mais préhumaine.

Ce sont-là de bien grosses questions; et j'aurais mieux fait, sans doute, de ne pas les aborder, de les laisser à plus savant que moi; mais tout s'enchaîne dans ces sujets, et j'espère, monsieur, que vous voudrez bien excuser ma témérité, et même me permettre de vous dire encore ma façon de penser sur un point que je ne puis admettre, ni lui non plus, dans le système du savant professeur d'anthropologie préhistorique; je veux parler du mouvement d'affaissement, d'une amplitude de 20 à 30 mètres, qui se serait produit chez nous pendant la première partie de l'époque quaternaire *humaine*.

Je dis humaine et je souligne même cette épithète, parce que je ne conteste assurément pas qu'il y ait eu des oscil-

la pierre polie, au moins dans certaines régions? — *Grottes dell'Onda, del Tomaccio, della Giovannina.* — Voir *Matériaux*, 1873, pp. 141 et suiv.

(1) Cette expression s'applique, bien entendu, uniquement à nos régions; elle indique le temps qui s'est écoulé depuis l'apparition de l'homme, non pas sur la terre, mais simplement dans nos pays.

lations du sol au commencement de l'époque quaternaire, pour peu que l'on comprenne sous cette dénomination mal définie la période des couches superposées au forest-bed, ou celle du boulder-clay. Il est très certain qu'à ce moment le sol d'une partie de la Grande-Bretagne s'est affaissé considérablement, mais cela se passait avant le dépôt du drift; le pays s'était relevé, lorsque le drift s'est formé; il n'y a aucune raison pour séparer, quant à l'âge, cette alluvion de notre diluvium. Tous les deux doivent avoir la même origine; et même si notre diluvium est le résultat d'un affaissement, cette oscillation correspond évidemment, non pas à celle qui a produit les couches superposées au forest-bed, y compris le boulder-clay, mais à celle dont le drift aura dû lui aussi avoir besoin pour se déposer; autrement il faudrait admettre pour le drift un nouvel affaissement; et cela compliquerait singulièrement la question, car il n'y aurait pas de raison pour que ce dernier mouvement du sol ne se fût pas fait sentir en France aussi bien que l'autre, et n'y eût pas donné naissance à un second diluvium. Si donc le nord de notre pays s'est affaissé, en même temps que le forest-bed s'enfonçait sous les eaux, — et cela même n'est pas certain, — nous n'avons pas à nous occuper de ce fait ni de ses conséquences, parce qu'il est antérieur à l'époque dont parle M. de Mortillet, à l'époque quaternaire humaine.

De même, que le nord de l'Europe ait été recouvert par la mer, personne ne le conteste; qu'il l'ait été pendant que nos régions étaient habitées par l'homme, je n'y vois pas d'obstacle; ce serait, au contraire, une manière d'expliquer, au moins en partie, la température égale, humide et tiède qui a régné chez nous. Mais que le nord de la France ait, au début de la période humaine, participé à un mouvement d'affaissement, pour se relever ensuite, je ne puis le reconnaître. Je ne le puis, parce que si un semblable abaissement s'était produit, surtout avec les conditions d'ampli-

tude, et peut-être plus encore de durée que suppose M. de Mortillet, et qui sont nécessaires à son système, il aurait laissé des traces; et ces traces, je ne les retrouve pas.

Si cet affaissement avait eu lieu, la mer se serait élevée forcément dans nos vallées — déjà creusées à leur profondeur actuelle — plus haut qu'elle ne le fait aujourd'hui. Aussi, bien qu'il ne le dise pas dans sa courte note, le savant professeur se base, sans doute, pour établir le fait considérable qu'il admet, sur la présence de débris de coquilles marines dans les alluvions du Moulin-Quignon; le chiffre de 20 à 30 mètres indiqué par lui comme donnant l'importance de l'oscillation, correspond à peu près à l'altitude de ce célèbre gisement (1). Mais « ces coquilles ont pu être apportées par l'homme; » c'est l'opinion de M. le docteur Fischer, sur l'autorité duquel je suis heureux de m'appuyer cette fois encore, et que je prie de vouloir bien agréer mes remerciements pour l'amabilité avec laquelle il a mis sa science au service de mon ignorance. Les deux espèces que, je crois, on a seules trouvées en cet endroit, — Cardium edule et Buccinum undatum (2) — n'auraient-elles pas servi à la nourriture ou à la parure de nos ancêtres? Seraient-elles là par suite du remaniement de couches tertiaires? En tout cas, les alluvions qui les renferment n'ont en aucune façon un aspect marin. Tout autres sont la disposition et l'apparence des couches qui se voient non loin de là, à Menchecourt, au fond de la vallée. Celles-là sont véritablement fluvio-marines, et les espèces des coquilles marines y sont bien plus nombreuses qu'au Moulin-Quignon (3).

De plus, si un mouvement d'affaissement du sol avait amené la mer pendant l'époque quaternaire *humaine* jus-

(1) Elle serait pourtant un peu plus considérable d'après Buteux. *Esquisse géologique du département de la Somme.* 2e éd. Abbeville. Briez, 1864, p. 72, et M. N. de Mercey. *Bul. de la Soc. géol.*, 2e série, t. XXII, p. 92.

(2) Buteux, loc. cit., pp. 73 et 130.

(3) Lyell, loc. cit. Buteux indique neuf espèces de coquilles marines trouvées à Menchecourt, loc. cit., p. 131.

qu'au-dessus du point occupé par ce dernier gisement, et si un exhaussement l'avait ensuite fait rentrer dans ses limites actuelles, ou à peu près, toute une échelle d'alluvions fluvio-marines devrait relier l'altitude du Moulin-Quignon à celle de Menchecourt. Et on ne saurait m'objecter que ces témoins ont disparu ; en supposant même que quelques-uns d'entre eux aient été enlevés pendant les remaniements de la période d'exhaussement, il n'est pas admissible qu'ils l'aient été tous. Lorsque la mer envahit une région, même lorsque cette submersion n'est pas de très longue durée, elle laisse des traces irrécusables de son passage.

M. Debray a pu reconnaître d'une façon incontestable que les couches supérieures à la tourbe du littoral flamand — terre de marais, argile grise ou sable — sont marines, et que, « dans des temps relativement très courts, des dépôts considérables se sont formés, puisqu'ils atteignent 1m85 d'épaisseur (1). »

M. de Mercey a trouvé de son côté dans les croupes de la Somme la preuve que, postérieurement aux temps Gaulois, la mer a remonté jusqu'à Amiens, au moins dans les grandes marées (2); et bien que cet état de choses n'ait pas été de longue durée — il est postérieur à l'époque gauloise et a dû cesser vers le ve siècle — que de plus les eaux de la mer n'aient très probablement pénétré aussi profondément dans les terres que de loin en loin (3), elles n'en ont pas moins laissé assez de coquilles et même de galets pour attester d'une façon positive leur séjour momentané.

Combien plus considérables, plus caractérisés encore s'il est possible, ne devraient pas être les dépôts auxquels au-

(1) *Bul. de la Soc. géol.*, 3e série, t. II, p. 46.

(2) *Bulletins de la Société Linnéenne du nord de la France*, t. III, pp. 336 et 352, et *Bul. de la Soc. géol.*, 3e série, t. V, pp. 337 et suiv.

(3) Lors des mascarets. Dans ces conditions, l'affaissement du sol aura dû être de 15 mètres environ. Cinq espèces de coquilles marines ont été recueillies dans les premières recherches. *Bul. de la Soc. géol.*, 3e série, t. V, pp. 342 et 347.

rait évidemment donné naissance, au moins dans les environs de l'embouchure de la rivière, une submersion d'une durée bien autrement longue et causée par un affaissement deux fois plus important. Cependant rien de semblable n'existe à ma connaissance, sauf dans le gisement de Menchecourt, pour lequel on n'est pas obligé de recourir à un abaissement du sol, puisque ses couches inférieures sont au niveau de la mer, sinon même quelque peu au-dessous.

Je me vois donc contraint à repousser la théorie des oscillations du sol pendant la période diluvienne, jusqu'à ce que des preuves en soient fournies, et je me trouve ainsi, à mon grand regret, constamment en contradiction avec M. de Mortillet. En effet, si je résume cette trop longue lettre, en suivant l'ordre adopté par le savant professeur dans sa communication à la Société d'anthropologie :

Je ne reconnais pas la division de la faune quaternaire en deux groupes qui n'auraient pas pu vivre sous le même climat et qui se seraient succédé : je crois qu'on a singulièrement exagéré les conditions de température nécessaires à l'existence de certains de ces animaux, et je suis persuadé que, sans même avoir besoin d'effectuer des migrations annuelles, les espèces de la faune *méridionale* et celles de la faune *boréale* vivaient constamment ensemble, grâce à un climat doux, humide et très uniforme.

Je n'admets pas la superposition générale, et par conséquent correspondant à une loi de succession chronologique, de l'une de ces faunes à l'autre, *dans les alluvions quaternaires, diluviennes, si elles n'ont pas été remaniées depuis le creusement ou le recreusement des vallées*, autrement dit, *si elles n'ont pas été remaniées postérieurement à l'époque que j'appellerai diluvienne*, cette époque étant celle de la formation du diluvium, quelle que soit l'origine que l'on attribue à ce dépôt. Selon moi, cette superposition n'existe ni dans les couches d'une même sablière, ni dans les gisements entre lesquels on voudrait établir un ordre chronologique d'après

les hauteurs auxquelles ils se trouvent (1). Donc, rien ne me paraît autoriser à reconnaître dans l'époque diluvienne deux périodes, la première chaude, et la seconde froide (2).

Je ne puis croire à un affaissement prolongé et assez considérable, puis à un exhaussement du sol de nos régions, pendant l'époque quaternaire *humaine;* car cet affaissement aurait nécessairement laissé des traces que je ne retrouve nulle part ; dès lors je n'admettrais pas non plus le remplissage des vallées pendant la première des périodes dont il vient d'être question, ni leur réexcavation pendant la seconde, ces périodes eussent-elles existé.

De même que je repousse la superposition d'une faune à l'autre, je ne reconnais dans le diluvium — s'il n'a pas été remanié depuis que les vallées ont reçu leur configuration actuelle—la superposition du type du Moustier à celui de Saint-Acheul, ni dans les assises d'une même sablière, ni dans des stations étagées à différents niveaux les unes près des autres, ni dans la vallée de la Somme, ni dans celle de la Seine. Ainsi que je l'ai dit dans ma première lettre, la prépondérance de l'un ou de l'autre de ces types, dans des gisements éloignés les uns des autres, n'a, selon moi, aucune signification chronologique ; et les nouvelles considérations de M. de Mortillet me confirmeraient, s'il en était besoin, dans cette manière de voir. Je n'admets donc pas l'antériorité d'un type à l'autre dans le diluvium.

Enfin, et cette dernière conclusion est forcée après les autres, je ne vois rien qui justifie la division des temps

(1) Je doute que l'Elephas antiquus, les Rhinoceros Merckii, Etruscus et leptorhinus et l'Hippopotame aient coexisté avec l'homme ; mais quand même ils auraient cessé de vivre avant l'époque humaine, ils n'en auraient pas moins été, antérieurement à cette époque, les compagnons des représentants de la faune boréale.

(2) Si ces périodes avaient existé, la superposition bien constatée aujourd'hui des tufs de la Celle au diluvium gris, prouverait, contrairement à l'ordre adopté par M. de Mortillet, que la période froide a précédé la chaude.

diluviens en deux époques anthropozoïques, chacune de fort longue durée, l'époque de Saint-Acheul et l'époque du Moustier.

E. D'ACY.

Je me permettrai quelques observations à propos de l'intéressante lettre qu'on vient de lire.

Résumons d'abord les points essentiels de l'argumentation de M. d'Acy.

Il distingue le diluvium proprement dit, terrain sur lequel il désire confiner le débat, du quaternaire plus récent, postérieur au creusement des vallées du nord de la France. Ce quaternaire récent, particulier à la période de remplissage qui a suivi celle de creusement ou de recreusement, existe dans la vallée de la Seine et non dans celle de la Somme, et M. d'Acy en donne une explication très acceptable.

Cette distinction pourra bien paraître un peu arbitraire. Quoi qu'il en soit, il est difficile de ne pas admettre que le mélange des types acheuléen et moustérien ne soit pas complet dans le diluvium tel que l'entend M. d'Acy, c'est-à-dire dans le quaternaire le plus ancien ; et c'est là le point essentiel de l'argumentation de mon savant correspondant.

S'appuyer sur l'ignorance où nous serions des vraies conditions biologiques des espèces ou des races quaternaires, pour expliquer la coexistence des animaux de la faune boréale et de la faune méridionale, est une entreprise hasardeuse, dans laquelle je n'ose pas suivre M. d'Acy. Je m'associerais plus volontiers aux doutes qu'il exprime sur la contemporanéité de l'*Elephas antiquus*, des *Rhinoceros Etruscus*, *leptorhinus* et *Merckii* et de l'*Hippopotamus major* avec les représentants non contestés de la faune quaternaire. Il est certain que la présence de débris d'*Halitherium* et de *Trogontherium* dans le diluvium inférieur de la vallée de la Seine, prouve péremptoire-

ment qu'il y a mélange, et il est bien difficile de dire où ce mélange s'arrête.

Cela s'observe partout. Il n'y a pas de vallée d'érosion où l'on ne signale, dans l'alluvion des terrasses, des matériaux provenant des plateaux supérieurs, descendus sur les flancs de la vallée, remaniés et par conséquent mêlés à des débris d'un autre âge. Pourquoi les alluvions du haut niveau de Montreuil, par exemple, n'auraient-elles pas fourni des éléments aux alluvions des bas niveaux et à celles du fond de la vallée de la Seine? Je n'y vois aucune difficulté. C'est même infiniment probable.

Or si la faune est mêlée, les produits de l'industrie humaine le seraient aussi. Il n'y aurait donc pas grand chose de certain à tirer de l'étude du diluvium, au point de vue de la succesion des faunes et de l'industrie, ou tout au moins faudrait-il distinguer les gisements remaniés de ceux qui ne le sont pas.

Parmi ces derniers on cite la ballastière de Chelles.

J'ai reçu, à ce propos, de M. Chouquet une lettre qui trouve ici sa place, parce qu'elle élucide très complètement les conditions du gisement.

Paris, 7 juin 1880.

Monsieur,

J'ai publié dans les *Matériaux* (1) en 1878, deux notes sur un gisement de silex taillés et d'ossements d'animaux quaternaires trouvés dans le diluvium de la Marne, à Chelles. J'ai décrit les silex, j'ai insisté sur leur variété et leur appropriation à différents usages, et je les ai rapportés au type exclusif de Saint-Acheul. M. Gaudry a examiné les ossements et y a reconnu l'Elephas antiquus, le Rhinoceros Merckii, le Chevreuil, le Cheval, le Bœuf, et un grand Cerf. Enfin j'ai décrit le banc de diluvium, sa situation, et j'ai

(1) *Matériaux pour l'histoire primitive et naturelle de l'homme.*

expliqué les principaux vestiges qui se trouvaient à la partie inférieure dans une couche primitive du diluvium agglomméré.

Dans une lettre du 14 février 1880, publiée dans la *Revue des questions scientifiques* du mois d'avril, et à vous adressée, M. d'Acy a critiqué mes observations, et a cru pouvoir s'en servir près de vous-même, monsieur, en faveur de théories nouvelles que j'ai le regret de ne pouvoir partager.

Je viens m'adresser, monsieur, à votre extrême obligeance et à l'intérêt que vous portez à ces questions, pour vous exposer mes raisons, et surtout pour établir exactement les faits.

J'ai regardé et je regarde encore le gisement de Chelles comme typique et comme pouvant être rangé parmi les documents les plus certains qui démontrent que les silex du type de Saint-Acheul, seuls, sont les plus anciens vestiges connus du travail de l'homme dans le quaternaire. Quoique placé dans le diluvium où certainement il faut se méfier des remaniements naturels, ce gisement se présente avec un concours de circonstances concordantes qui lui donnent ce caractère exceptionnel et certain. En premier lieu, ses vestiges et ses documents ne sont pas placés sur des couches épaisses dont il faudrait supputer le dépôt, le transport ; ils ne sont pas intercalés dans des formations de diverse nature ; ils sont placés dans la première couche de diluvium qui ait recouvert la vallée, formée en cet endroit de lambeaux de glaise verte et des grès de Beauchamp. L'homme a donc fréquenté cette première couche de diluvium, il y était sans doute attiré par les nombreux animaux qui s'y trouvaient ; car en s'en rapportant à la forme du fond de la vallée, on peut très bien se figurer que ce lieu devait faire partie latérale du fond du cours d'eau, lors des hautes eaux ou des crues périodiques ordinaires, tandis qu'il devenait plage ou rivage lorsque les eaux diminuaient et dans les saisons sèches. A chaque retrait des eaux l'homme revenait, ou revint souvent, fouillait le diluvium pour choisir le silex,

y vivait enfin jusqu'à ce qu'une nouvelle crue, après l'avoir forcé de s'éloigner, nivelât les traces de son séjour, en emportant les débris les plus légers. Lorsque cet endroit était émergé, la Marne avait, du reste, encore une très grande largeur. Enfin il faut bien admettre que pour que l'homme puisse laisser des silex dans un gravier de fond, il faut aussi que par moments ce gravier soit accessible ; et on comprend également que dans les hautes eaux ce gravier s'accroisse par l'apport de matériaux de même nature, tandis que les sables fins vont se déposer ailleurs sur des points où l'eau est moins rapide.

Les silex taillés sont donc, ainsi que le prouvent leur conservation et leurs arêtes vives intactes, mélangés avec des ossements et des dents non roulés, dans le lieu et le milieu où ils ont été fabriqués, dans un diluvium qui appartient à une époque où tous les dépôts de diluvium que nous voyons n'étaient pas encore opérés.

Secondement, la faune qui se trouve mélangée avec les silex a une incontestable valeur dans la question, malgré les doutes que M. d'Acy a émis déjà sur sa signification en général, et elle suffirait pour dater les silex, s'ils ne se dataient pas déjà eux-mêmes par leur forme et leur position ; car elle appartient au quaternaire le plus ancien, à une époque chaude et humide, à une époque de calme et de tranquillité qui dut être fort longue, et qui vraisemblablement se rapproche de l'horizon de Saint-Prest. On peut remarquer dans cette faune un grand Cerf du groupe des C. Falconeri du forest-bed, l'Elephas antiquus, le Rhinoceros Merckii ; et il ne s'agit pas de quelques rares spécimens dus au hasard, au contraire, les os et fragments d'os disséminés dans le diluvium sont communs, et les dents l'Elephas antiquus, en tenant compte de celles qui ont été brisées par la pioche ou qui ont été détournées, sont aussi nombreuses que les haches en silex recueillies. Le Bœuf est représenté par des os, des dents et des cornes, le Cheval par des os et quantité de dents.

Troisièmement, comme pour enlever toute espèce de doute sur l'antiquité, l'authenticité de ces vestiges, sur l'époque où ils ont été enfouis dans une couche de diluvium de deux mètres d'épaisseur, au plus, et au fur et à mesure qu'elle se formait, une crue d'une nature calcaire ou une émersion calcaire quelconque est venue solidifier cette couche de diluvium et son contenu : la masse presque en entier, silex, sable, silex taillés, ossements, ont été scellés ensemble, agglomérés et conservés ainsi pour toujours dans l'état où ils se trouvaient. Une défense entière d'Éléphant de $2^{m}75$ de long fut trouvée couchée sur ce banc aggloméré, à demi scellée et encastrée ; elle était friable, on ne pouvait l'extraire. Grâce au concours de l'administration du chemin de fer de l'Est, on fit découper le diluvium qui la portait, en un bloc de sa longueur, et après l'avoir garni de ferrures le tout fut porté à l'École des mines. L'inondation calcaire conservatrice a dû se produire par le dessus, car au fond, au contact de la glaise, il y a des couches non pénétrées dans lesquelles des silex taillés du type des haches ont été trouvés devant moi, ainsi que des ossements. Malgré mon attention je n'ai pu découvrir aucun outil d'un autre genre.

Je regarde donc ce banc de diluvium aggloméré comme un monument de l'époque de Saint-Acheul conservé dans sa position géologique primitive et je crois être autorisé à conclure qu'il contient les types de la faune et de l'industrie humaine d'alors.

Mais à quel niveau se trouve le gisement?

La ballastière exploitée a environ de 8 à 10 mètres d'épaisseur ; le dessus est à 48 mètres d'altitude, et le fond à environ 41,26, puisque à côté la voie ferrée est à cette cote; le lit actuel de la Marne, qui est à deux kilomètres de la ballastière dans la partie basse de la vallée, est encaissé dans la tourbe et des apports récents. Son fond est à 36 mètres et repose sur l'alluvion. La différence entre 36^{m} et 48^{m}, soit 12^{m}, représente à peu près un ancien lit qui a existé

avant la réduction du cours d'eau et en partie pendant la formation de la tourbe. Mais auparavant, le gravier de fond à ossements de la ballastière, qui est à 41,26 sous 7 à 8 mètres d'alluvion, faisait partie latérale d'un plus ancien et premier lit qui descendait en pente pour aller s'étaler à une grande profondeur sous la partie où coule actuellement la Marne.

Tout ceci reporte donc le gisement à une époque antérieure aux dépôts complémentaires, aux remaniements, et où l'ancien lit n'était pas encore comblé par les alluvions. Comme les vestiges de Chelles ont été enfouis en même temps que se déposait le gravier qui les renferme, je suis porté à croire que ce gisement est plus ancien que celui de Saint-Acheul ! D'abord, à Chelles, il n'y a que des types de Saint-Acheul, tandis qu'à Saint-Acheul il y a une adjonction, peu importante il est vrai, mais réelle de types du Moustier. Cette raison devient bien plus décisive en y ajoutant cette autre, qu'à Chelles on constate en abondance les restes de l'Elephas antiquus, ceux du Rhinoceros Merckii uniquement, du Chevreuil même ; tandis qu'à Saint-Acheul l'E. primigenius, ainsi que le Rhinoceros tichorhinus, son compagnon, paraissent plus abondants que l'E. antiquus et le R. Merckii. Évidemment nous avons une différence notable entre les industries comme entre les faunes ; à Chelles industrie et faune sont pures de tout mélange, tandis qu'à Saint-Acheul il y a mélange aussi bien dans l'une que dans l'autre. Je ne dis pas que l'E. primigenius n'a pas existé dans la vallée de la Marne, mais il caractérise d'autres gisements.

Après l'époque de Saint-Acheul, c'est-à-dire plus justement de Chelles, les choses ont changé en tous genres, lentement mais effectivement ; les modifications ont touché la flore, la faune, l'industrie humaine ; les dépôts de diluvium se sont accrus ou ont été remaniés dans nombre d'endroits. Sur le banc de diluvium aggloméré de Chelles, des phénomènes sérieux, et non plus des crues périodiques, ont en-

tassé ces nouveaux dépôts dont j'ai déjà parlé, qui se sont élevés jusqu'à 7 ou 8 mètres en plus, et qui se sont terminés par un dépôt final de diluvium rouge ou rougi de 1 mètre. Ces nouveaux dépôts occupent encore, depuis le point du gisement jusqu'au coteau qui limite la vallée, une largeur d'un kilomètre.

A la base du diluvium rouge, j'ai trouvé 3 pièces dont l'une, ai-je-dit, *représente encore le type de Saint-Acheul, mais la forme en est modifiée.* C'était une impression à l'égard de cette pièce qui m'avait paru plus allongée que le type des haches de Saint-Acheul, et je ne visais pas à établir une nouvelle classification. M. d'Acy a vu cette pièce à l'exposition, c'est le principal ; il ne l'a pas trouvée modifiée, je m'en rapporte à son opinion. De même pour la seconde, trouvée avec la première, « *sorte de hache allongée pointue,* » et j'ajoute « pouvant s'emmancher comme une lance dans un bois fendu ; » et j'admets que tout cela ne s'écarte pas du type de Saint-Acheul.

Mais je fais des réserves jusqu'à un plus sérieux examen pour la troisième pièce du diluvium rouge, « *racloir courbe, bien travaillé* » qui est en ma possession, pièce à nombreuses retailles du côté bombé en dos-d'âne, plane de l'autre autant que l'a permis la nature de la pierre qui est en pétrosilex (comme les deux autres), pointue d'un bout, demi-pointue et amincie de l'autre, longueur 10 centimètres, épaisseur maximum 2, largeur au centre 37 millimètres. Je n'en connais pas d'analogue dans les types de Saint-Acheul. On peut donc demander à quoi la rapporter. — Il est clair, ce me semble, que c'est une pièce de *passage*, le résultat d'un nouveau mode de taille plus ou moins réussi, et qui n'étonnerait personne dans un groupe de pièces du Moustier. De plus, je constate qu'elle est située, avec les deux autres, à 6 ou 7 mètres au-dessus du gisement « *plus acheuléen que celui de Saint-Acheul ;* » qu'elle en est séparée par des couches variées de diluvium, et je conclus que la différence d'époques des deux gisements est en rapport avec l'impor-

tance des dépôts qui les séparent, et que cette importance accuse un temps très long.

Mais quoi qu'il en soit, il y a toujours dans ce gisement supérieur deux pièces du type de Saint-Acheul.

Pour expliquer ce fait, M. d'Acy prétend que *tout le dépôt, de la base au sommet, est le résultat d'une seule et même crue, qui a charrié et déposé des objets de moins en moins volumineux à mesure que son énergie diminuait !* Or je ne puis admettre cette *hypothèse ;* car, entre autres raisons, ce ne peut être un courant qui ait *charrié* des silex qui ont conservé leurs arêtes vives, et ce ne peut être une *seule crue* qui ait *déposé* les premières pièces au fond du diluvium en raison de leur grosseur et de leur densité, et les trois autres en haut du depôt. En effet, il suffit de regarder le diluvium de Chelles pour constater qu'il y a au-dessus de couches de sable fin et souvent d'argile, d'autres couches de cailloux tout aussi gros que ceux du gisement inférieur, plus gros que les silex taillés, et que les lois de densité n'expliquent rien sur la position de ces derniers. Ces silex du fond sont même mélangés avec des os et des fragments d'os bien plus légers et plus petits que les silex ; les lois de densité n'auraient pas dû permettre un tel mélange !

L'hypothèse que fait ici M. d'Acy n'est donc nullement fondée, et la similitude plus ou moins réelle de documents industriels ne suffit pas pour expliquer et réunir des phénomènes géologiques distants. Mais même avec une seule crue (quelle crue !) et une même industrie en haut comme en bas, M. d'Acy reconnaît du Saint-Acheul pur, exclusif, fabriqué avant le dépôt du diluvium. Seulement on demandera toujours par suite de quel phénomène intelligent de sélection une seule crue aurait pu réunir tant de silex taillés et d'ossements non roulés sur une aire de 80 à 100 mètres environ, presque au milieu d'une vallée de 3 kilomètres de large ; car heureusement l'exploitation est si vaste, que l'on sait que, en dehors de cette aire, sous le diluvium il n'y a aucuns vestiges.

Je crois, comme je l'ai exprimé en d'autres termes, que le dépôt de diluvium de 7 mètres qui est au-dessus de la première couche agglomérée, appartient à la seconde phase du remplissage de la vallée, à une succession de dépôts qui se sont terminés par le diluvium rouge ou rougi ; et je crois pouvoir conclure que la présence de silex taillés du type acheuléen dans la couche supérieure, joints surtout à un type qui n'est pas acheuléen, démontre uniquement qu'à Chelles certaines pièces du type acheuléen ont persisté plus longtemps qu'ailleurs.

En somme nous avons à Chelles un type exclusivement acheuléen, il est en place, à la base du diluvium, antérieur à tous les dépôts qui le recouvrent ; il en est de même d'autres gisements toujours à la base du diluvium. On n'y a pas trouvé d'autres instruments, mais il pouvait y avoir au moins des éclats, parce qu'on ne taille pas des haches sans faire des éclats; mais les eût-on trouvés, que des éclats de taille sans forme et sans retouches intentionnelles ne représenteraient pas le type constitué du Moustier, tandis qu'on comprend qu'il en soit sorti insensiblement. Ce type du Moustier a eu son apogée, comme il a eu sa naissance ; cette naissance insaisissable s'est produite quelque part dans le règne de Saint-Acheul, mais son caractère, appliqué d'abord vaguement et discutablement à quelques outils ou armes, ne s'est généralisé et spécialisé que plus tard, à un moment qu'on ne discute plus.

Par conséquent, si à Saint-Acheul on voit paraître d'abord quelques pièces du type du Moustier, rien n'est plus naturel ; c'est la preuve d'un commencement de développement industriel dans ce gisement, qui est évidemment moins ancien que celui de Chelles.

Veuillez me pardonner, monsieur, quelques détails que vous connaissez mieux que personne, et qui, malgré moi, se joignent au sujet principal ; mais j'attache le plus haut prix à votre appréciation, et j'ai cru devoir, pour cette raison, vous exposer aussi exactement que possible ce que j'ai pu retirer de l'étude du gisement de Chelles, où je

trouve que le type de Saint-Acheul est seul dans le gravier de fond et représente les plus anciens vestiges connus de l'industrie dans le diluvium.

E. Chouquet,
Membre de la Société d'Anthropologie de Paris.

Les observations que j'aurais à présenter en réponse aux conclusions de M. Chouquet ont déjà été faites par M. d'Acy.

Il est certain que la faune de Chelles est des plus anciennes ; plus ancienne que celle de Saint-Acheul, comme le fait remarquer M. Chouquet. C'est la faune de Montreuil. Mais tandis que Montreuil occupe les plus hauts niveaux de la vallée de la Seine, la base du dépôt de Chelles est à 5 mètres seulement au-dessus du lit de la Marne et presque au niveau des débordements. De plus, à Montreuil, comme l'a fait remarquer M. d'Acy, il n'y a aucune trace de l'homme, tandis qu'à Chelles les silex taillés du type de Saint-Acheul sont nombreux.

Ce sont là des faits difficiles à concilier, mais qui peuvent donner à penser que l'alluvion de Chelles renferme des débris paléontologiques qui ne sont point à leur place primitive, soit qu'ils aient glissé d'un niveau supérieur, soit qu'il y ait eu sur ce point rencontre et remaniement de deux lits de rivière l'un plus ancien l'autre plus récent. Dès lors les silex qui s'y trouvent, tout en étant contemporains du dernier phénomène alluvial, pourraient être bien plus récents que les ossements. Que de fois n'ai-je pas vu mêlés dans les mêmes couches du gravier de nos rivières actuelles, des objets d'âge très différent descendus des berges par suite d'érosion et enfouis pêle-mêle dans les sables du fond? Je ne prétends pas que cela se soit passé à Chelles ; mais cette supposition n'aurait rien d'invraisemblable, et, dans tous les cas, le gisement est tellement anormal comme position et comme composition, qu'il me paraît être à réserver en attendant que d'autres faits de même nature viennent en éclairer la signification vraie.

Quant à la superposition du Moustérien et de l'Acheuléen à Chelles, je ne puis pas l'admettre. M. Chouquet a eu l'obligeance de m'envoyer un moulage de la pièce provenant du diluvium rouge qu'il considère comme un « racloir courbe bien travaillé » et comme un type moustérien. A mon avis, ce type, assez répandu dans le diluvium, est plutôt une pointe de lance qu'un racloir, et, dans tous les cas, n'est pas spécial à l'industrie du Moustier. D'ailleurs M. Chouquet ne paraît pas tenir beaucoup à l'opinion qu'il avait émise à son sujet. « Que le gisement soit acheuléen de la base au sommet, m'écrit-il, je suis loin d'être armé pour soutenir le contraire, et en réalité je n'y attache pas une grande importance. »

Ces difficultés ne diminuent en rien la valeur des observations de M. Chouquet. Le gisement de Chelles est certainement un des plus curieux et des plus importants de la série quaternaire. Obscur dans l'état actuel de nos connaissances, il pourra devenir, à un moment donné, un jalon des plus précieux.

On me permettra de clore ici cette longue discussion. Les débats qu'elle a provoqués, les opinions contradictoires exprimées de très bonne foi de part et d'autre, prouvent clairement, me semble-t-il, que la solution complète de la question est loin d'être mûre et que le mieux, en l'état, est d'attendre des faits nouveaux. Constatons seulement que nous n'avons guère progressé depuis que Lyell écrivait ceci, à propos des alluvions de la Tamise :

« L'*Elephas antiquus* et son inséparable compagnon, le *Rhinoceros leptorhinus*, peuvent avoir précédé le Mammouth et le *Rhinoceros tichorhinus* dans la vallée de la Tamise, ou bien, ces deux groupes peuvent avoir alternativement régné dans cette région durant la période post-pliocène.

» Quand on cherche à établir la chronologie des dépôts fluviatiles, il est presque aussi difficile de tirer des renseignements précis des restes organiques, que d'en trouver dans la superposition des couches; car deux anciens lits de

rivières peuvent parfaitement se trouver juxtaposés au même niveau, l'un d'eux étant de plusieurs milliers d'années postérieur à l'autre. J'en ai vu un exemple à Ilford, où la Tamise ou bien un cours d'eau tributaire a traversé, à une certaine époque antérieure, des sables contenant la *Cyrena fluminalis* ; le canal a été ensuite comblé de matières argileuses, provenant évidemment de l'érosion du dépôt tertiaire de l'argile de Londres. De pareils déplacements du lit principal de la rivière, l'entraînement fréquent du gravier et du sable déposés auparavant, la précipitation de nouvelles alluvions, les inondations des affluents, les soulèvements et abaissements du sol, les oscillations de la température du climat, sont autant de changements qui paraissent avoir produit cette complication des dépôts fluviatiles de la Tamise, complication à laquelle on doit attribuer le peu de progrès que nous avons fait jusqu'ici dans nos déterminations de l'ordre de succession des couches et des groupes de quadrupèdes qu'elles renferment. Il peut arriver comme à Brentford et à Ilford, que deux sablières situées dans des champs contigus contiennent des espèces distinctes d'éléphants et de rhinocéros, ce qui n'empêchera pas les fossiles de se trouver dans les deux cas à la même profondeur, puisqu'ils doivent, chacun de leur côté, se rapporter à des parties différentes de l'époque post-pliocène, séparées par des milliers d'années. »

Circonspection ! Telle doit être la devise de tous ceux qui travaillent à débrouiller le problème si complexe des temps quaternaires. En nous attachant obstinément à un système, nous risquerions de faire fausse route. Les systèmes sont bons pour diriger les recherches. Mais dans l'ordre d'études que nous venons d'examiner, je n'en connais pas qui ne soulève encore de très sérieuses difficultés et qui puisse s'adapter à tous les faits connus.

ADRIEN ARCELIN.

UNE EXPOSITION FORESTIÈRE

IMPROVISÉE EN AUVERGNE.

Un voyage d'affaires nous ayant amené temporairement à Clermont-Ferrand, où nous nous trouvions avoir des relations d'amitié avec les agents forestiers de cette ville, nous avons pu saisir sur le vif et rendre assez fidèlement, pensons-nous, aidé des conseils et des lumières de nos amis, l'épisode sylvicole qu'on va lire. Il nous a paru qu'il pourrait, en ce temps de vacances et de villégiature, intéresser tout en les distrayant, les lecteurs de la *Revue des questions scientifiques*.

I

L'improvisation.

On était au 1er août 1880.

La capitale de l'Auvergne était tout entière absorbée par les préparatifs des fêtes qu'elle devait célébrer à peu de temps de là. Expositions et concours des beaux-arts, de

l'industrie, de l'agriculture, des vignes françaises, de la pédagogie, — cavalcade historique, voire concours d'orphéons, de fanfares et de gymnastique, — le tout formant comme la préface ou mieux l'encadrement d'une solennité plus grande encore, l'inauguration sur l'une des places de la ville, de la statue de Pascal, la plus brillante et la plus noble incontestablement des gloires clermontoises.

De légères constructions en bois occupaient en files interminables les principales promenades et avenues de la ville. Elles étaient destinées à recevoir, ici et d'ores et déjà les produits de l'industrie arvernoise, plus loin et un peu plus tard les représentants variés des espèces bovine, ovine, caprine, porcine, galline, palmipède, etc., sans parler des produits directs du sol et d'innombrables machines agricoles. Les produits de l'horticulture devaient trouver place dans les serres et sur les pelouses du jardin public.

L'ouverture du concours agricole était fixée au 29 août. Or, à la date du 1er de ce mois, les agents forestièrs de Clermont recevaient de la direction générale avis qu'un crédit leur était ouvert pour qu'ils eussent à créer, organiser, parachever, dans ce délai de 28 jours, une exposition forestière destinée à rehausser, dans la limite de leurs attributions, les solennités qui se préparaient. Tel avait été le désir instamment et itérativement exprimé en haut lieu par les autorités locales.

Trois des quatre agents en exercice à Clermont étaient désignés pour cette mission. Mais, pour des causes diverses et d'ailleurs sans intérêt ici, deux seulement s'en occupèrent d'une manière effective et ininterrompue, activement secondés du reste par quelques préposés (brigadiers et gardes).

Le programme à remplir consistait en ceci :

Représenter par une pépinière en miniature, une réduction de la grande pépinière domaniale de Royat située à sept kilomètres de Clermont.

Fournir un aperçu de la végétation des reboisements effectués dans le département du Puy-de-Dôme durant ces dernières années.

Donner des échantillons des produits ligneux des reboisements depuis leur origine, des roches composant les montagnes reboisées, des graines employées, etc.

Enfin et accessoirement, montrer au regard des visiteurs tout ce que les forêts en général peuvent offrir d'intéressant comme travaux divers, produits naturels, produits ouvrés ou industriels, animaux, etc.

Pour réaliser ces *desiderata*, deux choses étaient tout d'abord nécessaires, faire choix d'un emplacement, puis élever sur cet emplacement un chalet rustique au devant duquel s'étendraient les plates-bandes du petit modèle de pépinière, tandis qu'à l'intérieur seraient groupés et classés les objets qui, par leur nature, demandent à être abrités.

A la suite de divers pourparlers, l'emplacement accordé fut une grande et jolie pelouse du jardin Lecoq (1), descendant en pente douce et vallonnée vers les bords d'un lac artificiel orné d'un jet d'eau, au devant duquel elle forme comme un demi-amphitéâtre. Marché fut conclu avec un entrepreneur de baraquements pour construire, vers le haut de cette pelouse et au moyen de planches brutes, une sorte de chalet composé de la manière que voici : un pavillon central de 4 mètres de largeur sur 3 mètres de profondeur, avec 3 mètres 50 de hauteur jusqu'à la base du pignon, communiquant par deux ouvertures intérieures avec deux pavillons latéraux, qui mesureraient chacun 3 mètres 50 de largeur sur 2 mètres 50 de profondeur et auraient leurs pignons dans la direction perpendiculaire à celle du pignon central. En raison de la déclivité du sol, la façade du chalet reposerait sur des

(1) Ainsi nommé du nom du naturaliste clermontois qui l'a légué à sa ville natale.

pieux de hauteur calculée pour rétablir l'horizontalité, et un escalier de cinq ou six marches donnerait accès à une entrée de 1 mètre 20 de largeur sur 2 mètres 30 de hauteur, ouverte au centre et au-dessous du pignon du pavillon du milieu. Deux fenêtres, à droite et à gauche, seraient percées sur la façade des compartiments latéraux.

En même temps, des ordres étaient envoyés dans diverses directions aux gardes forestiers du département, pour rechercher et expédier à Clermont des billons ou rondins pris au bas de tiges de divers âges et essences dans les massifs de reboisement, des rondelles de bois indigènes, des échantillons des roches des sous-sols. Des cartes du département et de ses divers cantons étaient teintées en vert, sinon sur les forêts proprement dites — le temps ne l'eût pas permis, — au moins sur les parties reboisées ; car le reboisement est dans le Puy-de-Dôme, comme on le verra plus loin, la grande affaire au point de vue sylvicole.

Enfin des démarches étaient faites auprès d'un forestier distingué, aujourd'hui en retraite et domicilié à Clermont, M. Thiriat, ancien conservateur des forêts, pour obtenir son concours à l'exposition forestière par l'apport d'une curieuse et remarquable collection de *loupes* et de *broussins* (1) qu'il a patiemment réunis.

Cependant, le 9 ou le 10 août, la baraque en planches destinée à figurer un chalet, est construite.

On commence alors à tracer au-devant d'elle une sorte de jardinet. Quatre petits carrés sont tracés, que séparent de larges allées au croisement desquelles l'on réserve une sorte de corbeille ovale. Chaque carré est subdivisé en trois plates-bandes de $0^m,80$ de largeur et de 2^m de long, séparées par des sentiers de $0^m,40$. L'allée tracée au milieu dans l'axe du pavillon central, se prolonge jusqu'au bas de la pelouse, au joignant d'une allée fixe séparant celle-ci

(1) Sortes d'excroissances anormales du bois, comparables à des verrues.

de la pièce d'eau, tandis que l'ensemble de ce jardinet est entouré lui-même d'une allée formant dans le haut un vaste espace libre, une sorte d'esplanade large de cinq ou six mètres, entre les plates-bandes et le baraquement, et se rejoignant dans le bas avec l'allée du milieu. La totalité de l'espace ainsi disposé au devant du chalet, offrait une longueur d'une vingtaine de mètres sur une largeur de moitié de ce chiffre, sans compter l'entourage de jeunes arbres verts dont il sera parlé plus loin.

Les touffes d'herbes, provenant du dégazonnement nécessité par ce tracé, sont disposées en banquette de verdure tout autour du pied de l'édifice de planches brutes, et jusqu'à hauteur du sommet de l'escalier.

Les joints des planches sont recouverts par des perches en demi-ronds, prises sur de jeunes arbres d'essences variées et revêtus de leur écorce, fraîchement coupés à cet effet ; les montants et le haut de l'entrée et des fenêtres en sont également ornés. Des tiges de bouleaux, à l'écorce d'un blanc de neige, flanquent les angles. Des planchettes découpées qui existaient dans les magasins de la pépinière de Royat, servent à décorer le pourtour de la toiture. Entre les couvre-joints en bois rustique, de la mousse est appliquée de manière à dissimuler entièrement, sur toute l'étendue de la façade, la vue de la planche fruste, non rabotée et souvent teintée de gris sale par de fréquents emplois antérieurs.

Le chalet construit, il s'agissait non seulement de le remplir d'objets offrant un intérêt cultural, scientifique et industriel, ce qui était le principal, mais aussi de l'orner, ce qui est, en ces sortes de choses, un accessoire absolument indispensable.

Or, du 10 au 28 août on n'avait le temps, ni de faire abattre en montagne quelques-uns des animaux sauvages qui hantent les forêts, ni surtout de les faire préparer, *passer*, suivant le terme admis, pour l'exhibition. Pas davantage le temps n'était suffisant pour faire confectionner

soit des plans-reliefs de quelques-unes des montagnes reboisées du pays, soit des objets ouvrés en bois. Tout au plus pouvait-on prendre quelques vues photographiques de la pépinière domaniale de Royat, et des massifs forestiers montagneux du voisinage. C'était notoirement insuffisant.

Heureusement la direction générale ou, plus exactement aujourd'hui, l'administration centrale, vint au secours de ses agents clermontois en leur expédiant de Paris un certain nombre de très belles vues photographiques des travaux de reboisement des Pyrénées et des Alpes, et plus encore, en chargeant l'un d'eux d'aller au domaine de Barres-Vilmorin choisir tout le matériel dont besoin serait pour compléter et orner l'exposition forestière de la cité arvernoise.

Qu'est-ce que le domaine de Barres-Vilmorin ? Il ne sera pas inutile, croyons-nous, d'en donner une connaissance sommaire à ceux de nos lecteurs qui l'ignoreraient.

M. de Vilmorin, membre de l'Institut de France et fondateur de la célèbre maison de commerce grainier qui porte son nom, avait créé dans sa terre des Barres, commune de Nogent-sur-Vernisson (Loiret), une vaste collection de tous les arbres forestiers indigènes et exotiques, susceptibles, avec des soins et des précautions, de croître dans ce climat, — ce que les Anglais appellent un *arboretum*. C'était une sorte d'école pratique de botanique forestière. Très désireux que cette œuvre, ce champ d'expériences comparées auquel il avait consacré les loisirs de sa vie entière, fût conservée et les études par lui commencées, continuées, il obligea, par testament, sa famille à entrer en pourparlers avec l'administration des forêts, en vue de lui vendre cette propriété. La transaction proposée s'est accomplie il y a 13 ou 14 ans. L'œuvre de M. de Vilmorin a été conservée et développée : une quinzaine d'hectares du domaine sont affectés à des pépinières de jeunes plants pour les repeuplements de la forêt d'Orléans; une école forestière primaire, destinée à former des gardes, y a été annexée ; enfin l'élégant chalet

forestier, désormais célèbre, qui figurait au Trocadéro lors de l'exposition universelle de 1878, y a été transporté pièce à pièce et reconstruit ; on le destine à contenir, sous forme de musée forestier, une sorte d'exposition permanente. En attendant que ce dernier projet puisse être entièrement mené à fin, un très grand nombre d'objets curieux ou intéressants au point de vue des arts sylvestres, se trouvent rassemblés aux Barres.

C'est là que le représentant de la commission de l'exposition forestière clermontoise eut à faire un choix, et c'est des Barres que parvint à Clermont, le 24 août, le matériel complémentaire et ornemental dont il était besoin.

Cependant le petit jardinet tracé sur la pelouse descendante, en avant et en contre-bas du chalet, s'était peu à peu transformé en un spécimen de pépinière forestière. Un sable fin et blanc en avait couvert les allées. Un bouquet de jeunes sapins de Nordmann en garnissait la corbeille du milieu, et les douze plates-bandes étaient couvertes par de jeunes plants de 1, de 2 et de 3 ans, des quatre essences principales que la grande et permanente pépinière, celle de Royat, fournit aux reboisements tant obligatoires que facultatifs, tant domaniaux et communaux que particuliers, de la région : épicéa, sapin commun, pin noir d'Autriche et pin d'Auvergne (1). Puis au delà de l'allée extérieure entourant la pépinière proprement dite, s'alignait une sorte de haie ou mieux une multiple rangée de sapins, d'épicéas et de pins de $0^m,40$ à 2^m de hauteur, les plus bas formant le sous-bois des plus élevés, et extraits tous des reboise-

(1) Le pin d'Auvergne qui, botaniquement, n'offre pas de différences spécifiques avec le pin sylvestre, s'en distingue cependant par une particularité importante : beaucoup mieux que ce dernier, ses branches, plus serrées, plus dressées contre la tige et ses aiguilles plus ramassées et plus courtes résistent aux grands vents et au poids de la neige. Le feuillage du pin d'Auvergne est plus foncé en couleur que celui du pin sylvestre, et, circonstance remarquable, il serait doué d'une saveur amère qui le ferait respecter par les dents des moutons. C'est sans doute une race du pin sylvestre appropriée au climat de l'Auvergne.

ments effectués durant les huit ou dix dernières années. Il en résultait une enceinte entourant tout l'espace occupé par le jardin forestier disposé au-devant de la façade du chalet. Cette enceinte offrait trois issues : l'une s'ouvrait sur l'allée centrale au bas et à l'entrée de la pépinière que précédaient deux cèdres de 2^m à $2^m,20$ de hauteur ; les deux autres aux deux angles du chalet, d'où l'on pouvait communiquer avec les grandes allées supérieures du parc, au moyen de sentiers tracés sur les flancs vallonnés de la pelouse.

Sans entrer dans le détail dénué d'intérêt du classement, de l'aménagement et de la pose, dans l'intérieur du chalet, des objets de diverses provenances destinés à composer l'exposition proprement dite, nous donnerons un peu plus loin la description de l'ensemble de celle-ci. Qu'il nous suffise de dire que, le 28 août au soir, tout était en place, tout était terminé, et que chalet et pépinière étaient prêts à recevoir leurs visiteurs.

II

La description.

Pour que l'on puisse se rendre un compte exact de ce qui donnait à l'exposition forestière de Clermont son caractère essentiel, sinon son côté brillant, il est nécessaire de faire connaître la situation du département du Puy-de-Dôme au point de vue sylvicole.

Ce département est le premier, en France, où l'opération du reboisement des montagnes ait été entreprise sur une échelle de quelque importance. Bien avant la loi du 28 juillet 1860 qui la première a fait, dans certains cas déterminés, du reboisement des montagnes une obligation, le département du Puy-de-Dôme était librement entré dans cette voie. Dès l'année 1843 la Société d'agriculture, qui

avait pour vice-président M. Leclerc, alors inspecteur des forêts de ce département, résolut de consacrer aux reboisements une partie de la subvention que lui allouait chaque année le conseil général. L'élan, dès lors, était donné. L'on commença par soumettre au régime forestier, au moyen de décisions du conseil de préfecture, quelques friches communales situées généralement sur les plateaux, et les travaux commencèrent pour se poursuivre depuis sans interruption. A M. Leclerc succéda M. Labussière (aujourd'hui conservateur en retraite et retiré à Clermont), qui étendit aux pentes abruptes et aux versants escarpés, les semis et plantations exécutés avec succès jusque-là sur les plateaux et les pentes moyennes.

Avec les seules ressources fournies par la Société d'agriculture et le conseil général du Puy-de-Dôme, l'administration des forêts avait, à la date de 1860, c'est-à-dire en moins de dix-huit ans, reboisé près de dix-neuf cents hectares (1879, 43) appartenant à diverses communes du département.

A partir de 1861, la loi de juillet 1860 reçut son application, et le concours de l'État augmentant largement les ressources, qu'élevait progressivement de son côté le conseil général (1), les travaux de reboisement reçurent une plus grande extension. Outre de nombreux reboisements facultatifs qui furent exécutés ou entrepris, on procéda à la fixation de deux périmètres obligatoires : celui de Clermont, aux environs de cette ville et s'étendant principalement sur la région sud de la chaîne des monts Dômes, celui de la Sioule comprenant une partie du bassin de cette rivière. Si bien qu'au 31 décembre 1879, l'étendue des terrains pour la plupart reboisés, et quelques-uns gazonnés, depuis 1860, s'élevait à 7920 hectares (exactement 7921, 64).

Dix-huit nouvelles années avaient suffi pour accomplir

(1) L'allocation du conseil général a fini par atteindre généralement le chiffre de 10000 francs par an.

cette importante mise en valeur. Si l'on y ajoute les 1900 hectares reboisés durant les dix-huit années précédentes, on arrive à un total de 9800 hectares. A part quelques travaux de regazonnement effectués en vertu de la loi du 20 juin 1864, la plus grande partie de cette surface a été reboisée. Par suite le sol a été consolidé et les terrains se sont trouvés protégés sur un grand nombre de points, notamment dans la commune de Royat célèbre par ses eaux thermales et ferrugineuses. Le régime des cours d'eau a été régularisé ; et enfin, — ceci intéresse plus directement l'exposition forestière clermontoise, — un grand nombre des massifs créés par les reboisements fournissent déjà des produits importants.

Ce n'est pas tout. Les particuliers ont suivi l'impulsion donnée par la Société d'agriculture, le département et l'administration forestière. A l'aide des subventions en nature de graines et de plants fournies par cette administration, ils ont reboisé, de leur côté, environ 2000 hectares.

Il n'est pas trop aisé de se rendre compte du prix de revient de ces derniers reboisements. L'on est mieux fixé sur la dépense faite par les soins de l'administration sur les 9800 hectares mentionnés plus haut.

De 1843 au 31 décembre 1879, la dépense faite au compte du département et de la Société d'agriculture a été de.	293 036 fr.	48 (1)
et celle faite au compte des communes, de.	2 187	25
L'État, à partir de 1861 et jusqu'au 31 décembre dernier, a fourni pour les mêmes travaux.	740 557	09
Total	1 035 780	82

ce qui, pour un ensemble de 9800 hectares, représente une dépense moyenne de 105 à 106 fr. par hectare.

(1) Tous les chiffres indiqués ci-dessus et ceux qui vont suivre, ainsi que

Si l'on tient compte de ce fait que les reboisements effectués jusqu'ici constituent, dans le département du Puy-de-Dôme, la part principale du service forestier, et que les forêts d'ancienne date de l'État, des communes ou des hospices, y sont relativement peu considérables, on comprendra sans peine qu'une exposition forestière, à Clermont, devait surtout viser la question des reboisements, et montrer les résultats obtenus ainsi que les moyens employés pour y atteindre.

Elle devait aussi présenter quelques-uns des produits que peuvent fournir des forêts adultes et de plein rapport ; car c'est à les réaliser un jour que doivent tendre, au point de vue économique, la culture et la gestion des forêts de création nouvelle.

On a vu que le chalet destiné à l'exposition proprement dite, se composait d'un pavillon central de 4^m de largeur, et de deux compartiments latéraux de $3^m,50$. Il y avait donc un développement en façade de 11 mètres. Les deux pavillons accessoires n'ayant que $2^m,50$ de profondeur faisaient, à la façade, retrait de $0^m,50$ sur celui du milieu. Entre le haut de la porte d'entrée et le sommet du pignon s'appliquait, contre un trophée de drapeaux, un écusson, reproduction, en grand et avec la couleur en plus, de la plaque portée sur la poitrine par les brigadiers et gardes comme insignes de leurs fonctions. On y voyait sur un fond rouge le mot *Forêts* en lettres d'or dans le haut, au bas un cor de chasse, de dessous lequel partaient en remontant deux rameaux de chêne à feuillage vert. Trois drapeaux entrecroisés (1) surmontaient la pointe des trois pignons.

les données générales qu'ils appuient, ont été recueillis sur une notice qui était affichée dans l'intérieur des salles de l'exposition.

(1) Moins pressés par le temps, les organisateurs eussent avantageusement peut-être remplacé cet écusson sans caractère héraldique par les armoiries de l'ancienne Grande-Maîtrise des eaux et forêts d'Auvergne, qui étaient *D'or au lambel d'Auvergne de gueules frangé de sinople*. Ces armes figuraient comme empreinte sur les marteaux de la Grande-Maîtrise.

A l'extérieur et des deux côtés du pied de l'escalier se dressaient deux vastes loupes, de près d'un mètre de diamètre moyen, venues sur le pied d'un chêne; ou plutôt c'étaient les deux moitiés d'une énorme loupe à peu près sphérique excrue autour d'une tige de chêne, et dont on avait fait deux hémisphères, en fendant par le milieu la portion de tige qui la portait. C'était comme la préface de la collection de loupes de M. le conservateur Thiriat dont il sera parlé plus loin.

Au milieu de la salle principale s'imposait tout d'abord à la vue, sous une glace sans tain, le plan-relief d'une gorge montagneuse de la vallée de Luchon (Haute-Garonne), dite le torrent du Laou des Bas. Les flancs de cette gorge, dont l'altitude varie entre 991 et 2031 mètres, sont boisés jusqu'aux deux tiers de sa hauteur ; mais au delà ils sont entièrement dénudés, et un torrent y a pris naissance qui a déjà acquis assez de force en entrant dans la forêt pour que celle-ci soit impuissante à le contenir. Il s'agit donc d'y pourvoir par des travaux de consolidation et par des reboisements des pentes supérieures; à partir de 1600^{m} d'altitude celles-ci sont, chaque année, couvertes de neige jusqu'à la fin de mai. Plus bas, les terres s'imbibent d'eau sous l'action des pluies. La pente générale est moyennement de 50 pour cent. Des travaux de consolidation, consistant ici en dérivations des eaux, là en puissants barrages de maçonnerie ou en forts clayonnages, ailleurs enfin en reboisements et repeuplements, sont projetés pour mettre un terme aux ravages progressivement croissants du torrent du Laou des Bas. Leurs emplacements sont indiqués sur le plan-relief au moyen de petits drapeaux.

Des désastres de cette importance et nécessitant des travaux aussi considérables, — l'ensemble des travaux nécessaires pour l'extinction du torrent du Laou des Bas n'est pas évalué à moins de 100 000 francs — ne sont pas à redouter *quant à présent* dans le département du Puy-de-Dôme. Mais il est, au dire des hommes compétents, plus

d'un point de la chaîne des monts Dore ou de celle des Dômes, où il ne serait que temps de procéder au reboisement direct qui y est encore possible, pour prévenir dans quelque dix ou vingt ans des désastres analogues ; et sous ce rapport le plan-relief du Laou des Bas, quoique appartenant aux Pyrénées, avait sa place tout naturellement indiquée dans une exposition forestière de l'Auvergne.

D'autres objets relatifs au grand œuvre des reboisements figuraient aussi dans la salle centrale. D'abord, appendues aux parois, un certain nombre de vues photographiques, les unes envoyées de Paris et représentant principalement ces travaux de consolidation que rendent nécessaires, dans les Alpes et les Pyrénées, les désastres et les ruines séculairement accumulés par les effets du déboisement : barrages et digues, radiers et perrés, clayonnages et fascinages. D'autres photographies représentaient des vues toutes locales des montagnes reboisées de la commune de Royat, et divers aspects de sa pépinière. Au-dessus figurait le plan à grande échelle de cette pépinière dont l'étendue n'est pas inférieure à 4 hectares.

Située au milieu de la petite forêt du même nom et à l'altitude de 750 mètres environ, la pépinière de Royat subvient aujourd'hui à tous les reboisements qui se font dans le Puy-de-Dôme par les soins de l'administration, et à un grand nombre de ceux qu'entreprennent les particuliers. C'est à M. de Roquefeuil, alors inspecteur des forêts à Clermont qu'est due la création de cette pépinière ; il en fit les études, le projet, la construction, de 1862 à 1867. Une petite rivière la traverse dont il fallut rectifier le cours, tout en lui faisant en amont des emprunts pour l'établissement de réservoirs d'eau permettant partout un arrosage quotidien. Deux chalets y sont construits, l'un servant de magasin, l'autre de lieu d'arrêt ou de repos.

Les semis se font chaque printemps dans les plates-bandes au moyen de plaques de tôle percées en quinconces, la graine étant déposée par pincées dans des trous corres-

pondants à chacun des orifices de la plaque. On obtient ainsi une régularité remarquable dans la disposition des jeunes plants, et une aisance particulière pour les travaux de binage et de sarclage ; l'extraction, lorsque les plants ont acquis la force voulue pour être enlevés et plantés à demeure, en est elle-même singulièrement facilitée.

Depuis sa création, la pépinière de Royat a fourni 33 millions de plants d'essences diverses (1) représentant une valeur de plus de 132 000 francs (2). Elle a coûté, comme frais de premier établissement, près de 20 000 francs, et comme frais d'entretien jusqu'au 31 décembre 1879, la somme de 65 000 francs (3).

Des échantillons des graines employées, tant pour les reboisements que pour les gazonnements, formaient collection sur une tablette régnant tout le long de la paroi du fond. Des cônes de diverses essences résineuses s'entremêlaient aux cases du carton renfermant les graines, et dans l'encoignure à main gauche en entrant, un *germinateur* montrait, sur des carrés de flanelle humide, des graines forestières à divers degrés de germination.

Aux côtés de cet appareil, des paquets de plants de diverses essences et de divers âges munis de leurs racines et du *chevelu* de celles-ci : sapin, épicéa, pin, chêne, châtaignier, frêne, hêtre.

Laissons momentanément la salle du milieu, et pénétrons dans celle que forme le pavillon de droite. Son aspect est austère. Des billons de bois de diverses grosseurs et d'une longueur uniforme de $0^{m},40$, sont rangés, à faible

(1) Exactement 33 108 913, d'après la notice appendue au-dessous du plan.

(2) Exactement 132 435 d'après la même source.

(3) Les chiffres précis donnés par la notice, sont les suivants :

Frais de 1er établissement	19 830 00
Frais d'entretien au 31 décembre 1879 . . .	64 996 09
Ce qui donne, comme dépense totale de 1862 à 1879, la somme de.	84 826 09

hauteur au-dessus du sol, tout autour de la pièce. Ensuite, sur une tablette déposée au-dessus d'eux, des rondelles de divers diamètres entremêlées de fragments de pierres. Plus haut et appendues aux parois, des cartes géographiques et une vue *téléiconographique* d'un périmètre des Basses-Alpes, le *Labouret*, aujourd'hui restauré, consolidé et reboisé. Dans ce fond, une panoplie composée des instruments et outils servant à la taille et à l'élagage des arbres d'après le système du comte des Cars. Ce dernier objet fourni, comme le plan relief du Laou des Bas, par l'école des Barres-Vilmorin, n'a pas de rapport direct avec le surplus de la salle ; mais il n'en est pas moins un objet essentiellement forestier.

En somme, nous avons là une salle de reboisements, et les objets qui la composent font suite à ceux indiqués dans la salle précédente : les graines à l'état sec, puis les graines en germination, puis les plants de 1 à 5 ou 6 ans de la salle centrale nous amènent naturellement à la collection des billons ou rondins de la salle de droite, lesquels ont été pris à la partie inférieure d'arbres ou brins de tous âges provenant des reboisements, depuis les plus jeunes semés en 1872, jusqu'aux premiers semés remontant à 1844. Une étiquette attachée à chacun d'eux indique le lieu où il a crû, l'année du semis, l'altitude, la nature du sol, et la hauteur de la tige dont il provient.

On voit de la sorte un *Épicéa*, de $0^m,07$ de circonférence sur $0^m,90$ de hauteur, semé en 1870 en sol granitique, à 1060^m d'altitude, et un autre plus jeune de 2 ans, ayant atteint $2^m,70$ de hauteur, mais à une altitude moindre (990^m) et en terrain volcanique. Un autre épicéa, remontant à 1847, offre un pourtour de $0^m,86$, et avait atteint une hauteur de $15^m,50$; il avait poussé à 1280^m d'altitude sur les bords du lac Pavin, ce cratère inondé qui domine le volcan du Tartaret.

Le *Sapin* est représenté par des billons de $0^m,09$ à $0^m,36$ de circonférence qui proviennent de brins ayant appartenu,

le premier à un jeune brin de $1^m,90$ semé en 1866 et venu dans le granit à 1060^m d'altitude, le dernier à un arbre de 8^m né en 1854 et ayant crû près du lac Pavin à côté de l'épicéa de tout à l'heure.

Plus rapide dans la croissance de ses jeunes années, le *Pin sylvestre* offre dès l'âge de 10 ans (1870) des brins de près de $0^m,40$ de pourtour avec 5^m de hauteur, provenant des rochers volcaniques des monts Dômes à 990^m d'altitude. A l'âge de 18 ans (1862), des pins du cratère même du Tartaret, à 950^m, atteignent dix mètres et demi de hauteur et $0^m,75$ de circonférence.

Pour le *Pin noir d'Autriche*, ses représentants les plus âgés remontent à 1863 et présentent, venus en sol basaltique à une altitude de 1100 mètres, $0^m,60$ de tour sur 6 mètres de hauteur ; et les plus jeunes, moins âgés seulement de 4 ans (1870) et venus en sol volcanique à 990 mètres, offrent une hauteur de $3^m,50$ à 5^m avec une circonférence de $0^m,30$ à $0^m,34$.

Le *Pin maritime*, le *Pin à crochets* ou *Pin de montagne* (P. *uncinata*, D.-C ; P. *mugho*, Poir ; P. *montana*, Du Roi) et le *Cèdre de l'Atlas* sont aussi représentés dans les reboisements du Puy-de-Dôme. Le Pin à crochets montrait à l'exposition de Clermont des spécimens pris sur de jeunes arbres de 16 à 17 ans venus en sol trachytique à 980^m d'altitude avec une hauteur de $6^m,50$, et en sol granitique à 1030^m avec $4^m,50$ seulement de hauteur. Le pin maritime provenait des montagnes granitiques de Châtel-Guyon à 6 kilomètres environ au nord-ouest de Riom, et de Ceyrat à 4 kilomètres au sud de Royat, toutes deux à l'altitude de 520^m. — Un échantillon provenant d'un semis de 1844 avait un mètre de pourtour, un autre de 1871, $0^m,15$, avec des hauteurs de 12^m et 4^m.

Mais les résultats les plus brillants des reboisements faits à grandes altitudes ont été fournis par le *Mélèze*. Un billon de cette essence frappait tout particulièrement l'attention des visiteurs : ce rondin, pris au pied d'un arbre

semé en 1844 en sol granitique et à 1060 mètres, ne mesurait pas moins de 1m,70 de circonférence ; la hauteur de l'arbre était de 18m,50. Atteindre en trente-six ans 18 mètres et demi de hauteur et cinquante centimètres de diamètre, quand il s'agit d'une essence dont la longévité peut se compter par plusieurs siècles, est assurément un brillant résultat. Les autres échantillons, pour être moins saillants, n'en corroboraient pas moins l'aptitude spéciale du mélèze à peupler les hautes régions des montagnes d'origine ignée de l'Auvergne : semis de 1863, sol granitique, 1050m d'altitude : 12 mètres de hauteur ; — semis de 1868, sol volcanique, 1000m d'altitude : 7 mètres de hauteur ; — semis de 1870, même sol, 990m d'altitude : 5 mètres 90 d'élévation (1). D'ailleurs, pendant les froids exceptionnelle-

(1) Voici du reste, pour les lecteurs que ces détails intéresseraient, la liste détaillée et complète des echantillons des arbres de reboisement.

ESSENCES	COMMUNES	CANTONS OU LIEUX DITS	ANNÉE des semis	SOL	Altitudes	Circonférence	hauteur de tige
						cm	m
EPICÉA	Besse	Lac Pavin	1847	volcanique	1280	83	15.50
	Chambon	Faverade	1862	basaltique	1100	32et35	8. »
	Murols	Cratère du Tartaret	1863	volc.	950	30	7. »
	Orcines	Les Goules	1872	—	990	14	2.70
	—	—	1870	—	—	7	3. »
	—	—	1868	—	—		4. »
	St Alyre-ès-montagnes	Belan-Gardon	1865	basalt.	1370	26	5. »
	St Anastaise	Creux de la soie	1866	—	1020	26et28	5.50
	St Pierre Colamine	Bois Vallon	1870	granitique	1050	7	0.90
	—	—	1869	—	—	8et10	1. »
	—	—	1867	—	—	11	2.40
	—	—	1866	—	—	16	3. »
	—	Jonas	1864	basalt.	1000	40	7. »
SAPIN	Besse	Lac Pavin	1854	volc.	1280	33et36	8. »
	St Pierre Colamine	Bois Vallon	1866	granit.	1050	9	1.90
	—	—	1862	—	—	22et25	3.50
	St Victor la Rivière	Picarlot	1864	trachytiq.	950	17	3.80
MÉLÈZE	Besse	Lac Pavin	1847	volc.	1280	93	16.50
	Chambon	Derrière les Moulins	1863	granit.	1050	83	12. »
	Nohanent	Chaumont	1868	volc.	1000		7. »
	Orcines	Les Goules	1870	—	990	23et25	5.90
	St Alyre-ès-montagnes	Belan-Gardon	1865	basalt.	1370	35et38	5. »
	St Anastaise	Creux de la soie	1860	granit.	1020	56	11.70
	St Pierre-Colamine	Bois Vallon	1844	—	1040	1m 70	18.50
CÈDRE DE L'ATLAS	Durtol	Fouidarne	1863	granit.	600	18et22	5. »

ment rigoureux du dernier hiver qui n'ont pas épargné les hautes régions des monts Dore comme le sommet du puy de Dôme (1), les jeunes mélèzes ont résisté sans sourciller là où les récents peuplements de pin sylvestre, voire de sapin et d'épicéa, ont été presque entièrement détruits par ces gelées excessives.

Bien que d'une importance relativement moindre, les forêts indigènes ne devaient pas être oubliées. Leur production ligneuse était représentée par des rondelles prises au pied d'arbres des diverses essences qui composent leurs peuplements, et rangées au-dessus des rondins ou billons qui viennent d'être énumérés.

Les forêts montagneuses de Saint-Anthème (altitude : 1100m) et de Saint-Germain l'Herm (altitude : 1050m) avaient donné du sapin, de l'épicéa, du mélèze de très belle

ESSENCES	COMMUNES	CANTONS OU LIEUX DITS	ANNÉE des semis	SOL	Altitudes	Circonférence	hauteur de tige
							m
PIN NOIR	Chambon	Faverade	1863	basalt.	1100	57et62	6. »
	Orcines	Les Goules	1870	volc.	990	40et45	3.50
	—	—	1868	—	—	35	5. »
	St Alyre-ès-montagnes	Les Aiguillettes	1865	basalt.	1370	35et38	5. »
	St Anastaise	Creux de la soie	1866	granit.	1020	34	4.50
PIN SYLVESTRE	Chambon	Bois de Feix	1863	granit.	1000	70et73	9. »
	Murols	Congeat	1864	—	1130	66et65	9. »
	—	Cratère du Tartaret	1862	volc.	950	72et75	10.50
	Nohanent	Chaumont	1868	—	1000	42et50	5.80
	Orcines	Les Goules	1870	—	990		5. »
	St Alyre-ès-montagnes	Les Aiguillettes	1865	basalt.	1260	38et40	4.70
	St Anastaise	Creux de la soie	1861	granit.	1020	24et31	8.50
IN MARITIME	Chatel-Guyon	Crêtat	1844	granit.	520	1.04	12. »
	Ceyrat	Praguille	1871	—	30	15	4. »
PIN A CROCHETS OU DE MONTAGNE	Chambon	Derrière les Moulins	1864	granit.	1050	23	6.50
	St Victor-la Rivière	Gouzaindre	1863	trachyt.	950	21	4.50

(1) On sait que, par un phénomène auquel on n'a pas encore trouvé d'explication suffisante, les rigueurs extrêmes des froids de décembre 1879, très sensibles à Clermont, ne l'étaient pas au sommet du puy de Dôme de 1100 mètres plus élevé que la ville. La température y oscillait de quelques degrés au-dessous et au-dessus de zéro, alors qu'à Clermont elle descendait à 20 degrés et au delà. (Voir une explication de ce phénomène, au résumé du *Compte rendu* de l'Académie des sciences dans la *Revue des quest. scient.*, *supra*, p. 348.)

dimension ; la forêt de Besse (1060^{m}) du hêtre, de l'orme, du frêne, du sycomore, de l'aune, du peuplier noir ; celle de Valbeleix (960^{m}) du tilleul et du chêne. Le merisier des bois, le pommier sauvage (*Malus acerba* Mérat), l'érable champêtre, le sorbier des oiseleurs et le saule venaient de la forêt de Chassagne (900^{m}) avec de remarquables échantillons de coudrier ; et la forêt de Saint-Diery (700) avait envoyé un billon de genévrier et des perches de houx fort remarqués, ainsi que du robinier faux-acacia. Des rondelles d'alisier blanc, de merisier à grappes, de bouleau, de sureau, de châtaignier et même de noyer provenaient de Picherande (1120^{m}) et de Royat (560).

Entremêlés à ces échantillons de bois, se voyaient des échantillons des roches sur lesquelles ils ont crû ou sur lesquelles il s'agit de les faire croître : granite, gneiss, micaschiste, basalte, phonolithe, quartz, pouzzolane et scories volcaniques, trachytes et domites, lignites et tourbes.

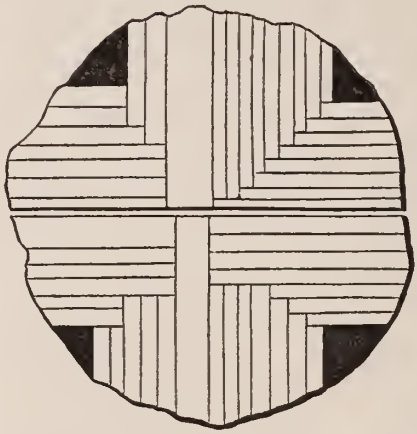
Au-dessus, les cartes dont il a été parlé déjà montraient par des teintes vertes tous les terrains du département qui ont été soumis au reboisement. Le temps avait manqué, nous l'avons dit, pour y figurer également, par des teintes d'une autre nuance, les forêts indigènes appartenant à l'État, aux communes et aux hospices.

Ne quittons pas cette salle sans saluer, en nous retirant, une mélancolique tête de cerf, encadrée de rameaux d'épicéa et de sapin, placée au-dessus de la porte : c'était le seul objet mis pour reposer la vue au milieu de cette collection sévère et exclusivement scientifique.

Rentrons dans la salle centrale du chalet. Deux larges panneaux d'une riche marqueterie, vraie mosaïque de bois, occupent la partie supérieure du fond ; à leur base, qu'elle dissimulait, une rangée d'échantillons de tous les bois indi-

gènes de France, disposés en forme de volumes in-12, le *dos* étant représenté par l'écorce, les *plats*, d'un côté par le bois raboté, de l'autre par le bois poli et verni; dans l'espace resté libre entre les deux panneaux, des collections entomologiques encadrées que domine une vaste et superbe tête de cerf dix cors ; au-dessous des cadres et séparant en deux les rangées d'échantillons in-18, une large plaque de schiste micacé encadrée de mousse. Un chevreuil et un chamois montrent aussi leur tête à droite et à gauche du cerf, et dominent le milieu de chacun des deux panneaux ; aux angles sont suspendus par la patte un loup et un renard. Deux têtes de sanglier paraissent sortir d'un fourré de branchages et de cônes de sapin, d'épicéa et de cèdre, au-dessus de l'entrée des pavillons latéraux ; sur le haut de la porte principale, à l'intérieur, et faisant face au cerf dix cors, une tête de renard surmontée de deux bois de cerf fixés à leur os frontal : le tout enguirlandé et festonné de rameaux et de cônes d'arbres verts. Tout autour de la salle et reposant sur le plancher, de vastes rondelles prises à des arbres de fortes dimensions et ayant figuré au Trocadero en 1878 : l'une d'elles ne mesure pas moins de $1^{m},30$ de *diamètre*. Sur leur surface est tracé le débit en planches, plateaux et madriers de diverses largeurs et épaisseurs. Il importe, pour obtenir des produits offrant le maximum de résistance et d'imperméabilité, de découper le bois, dans une tige ou une bille donnée, suivant le sens des fibres ou parallèlement à leur direction. Ce parallélisme n'est pas théoriquement réalisable, puisque les fibres sont rangées suivant des plans rayonnant de l'axe à la périphérie. Il s'agit de s'en rapprocher le plus possible. On y parvient par des traits de scie perpendiculaires les uns aux autres dont la longueur et l'espacement sont calculés en vue des dimensions usitées dans chaque pays. La figure suivante donne un aperçu de l'un de ces débits, dont les

combinaisons varient à l'infini selon les emplois que l'on veut obtenir.



Exemple d'un tracé de débit sur la coupe d'un tronc d'arbre. (Les parties en noir indiquent les déchets.)

Dans l'angle situé à main droite en entrant par l'escalier, une étagère porte une collection de parallélipipèdes de diverses hauteurs et de couleurs variées. Ils font pendant à l'appareil de germination situé dans l'angle opposé. Ces prismes représentent, d'une manière saisissante à l'œil, le résultat d'observations udométriques faites durant le cours de cinq années, 1873 à 1877, en sol boisé et en sol découvert. La hauteur d'eau tombée chaque année en sol boisé (1°), celle de l'eau évaporée dans le même temps et au même lieu (2°), la différence entre ces deux hauteurs (3°); la hauteur d'eau tombée en sol nu (4°), celle de l'eau évaporée (5°), la différence entre ces deux nouvelles hauteurs (6°); enfin la différence des deux différences (7°), représentant l'action de l'état boisé du sol sur l'intensité du phénomène de l'évaporation ; ces sept hauteurs diverses sont représentées par des prismes de volumes proportionnels, ayant chacun une teinte différente et portant chacun une étiquette cotée.

La conséquence qui se dégage de la comparaison de ces objets et des chiffres qui les accompagnent, est que l'état boisé du sol atténue l'évaporation. Celle-ci est parfois supérieure, en sol découvert, à la quantité d'eau tombée. En forêt, l'évaporation toujours inférieure à la quantité d'eau tombée est, à plus forte raison, inférieure à l'évaporation qui s'exerce en sol nu.

Les étiquettes cotées de ces trente-cinq prismes peuvent être représentées au moyen du tableau suivant ; il donne la preuve de ce qui vient d'être avancé.

ANNÉE	SOL BOISÉ			SOL NU			Supériorité du sol boisé sur le sol nu
	EAU TOMBÉE	EAU ÉVAPORÉE	DIFFÉRENCE	EAU TOMBEE	EAU EVAPORÉE	DIFFÉRENCE	
1873	0m.516	0m.260	+0m.256	0m.614	0m.539	+0m.075	+0.181
1874	0. 403	0. 310	+0. 093	0. 490	0. 625	-0. 135	+0.228
1875	0. 539	0. 246	+0. 293	0. 635	0. 629	+0. 006	+0.287
1876	0. 556	0. 330	+0. 226	0. 541	0. 573	-0. 032	+0.258
1877	0. 600	0. 373	+0. 227	0. 701	0. 683	+0. 018	+0.209

Les chiffres de la dernière colonne de ce tableau montrent que la quantité d'eau tombée, en sol boisé, est toujours en excès sur la quantité d'eau évaporée, et qu'ainsi les forêts sont une garantie contre les sécheresses. Or, comme l'eau retenue sous bois y reste, ou que son excès ne s'écoule que graduellement et avec lenteur, les forêts s'opposent en même temps, au moins dans une certaine mesure, aux crues subites ou rapides qui préparent les inondations. Fait très important à noter dans un département à qui revient

l'honneur d'avoir inauguré en France, et dix-huit ans à l'avance, l'immense opération du reboisement des montagnes, et à qui il reste à faire pour que son œuvre soit complète, bien plus encore qu'il n'a fait jusqu'ici.

Le moment est venu de pénétrer dans la plus élégante des trois salles de l'exposition forestière, la salle occupant le pavillon latéral de gauche. C'est là que M. le conservateur Thiriat avait réuni, groupé et classé sa curieuse collection de loupes et broussins variés.

Sur une tablette à hauteur d'appui régnant autour de la salle sont rangées, essence par essence, les loupes de toutes dimensions telles que la nature les a formées sous l'écorce des arbres. Quelques-unes seulement sont dégrossies et ébauchées en vue de leur adaptation ultérieure à des objets d'ameublement usuel. Il y en a de toutes les dimensions : les unes grosses comme une tête d'homme ou dépassant même ce volume, d'autres moindres, plusieurs se réduisant à la dimension d'une noix ou d'une simple noisette : la contorsion des plus fines fibres du bois à la surface de ces petites loupes rappelle vaguement la forme extérieure des émaux cloisonnés. Les plus remarquables, les plus variées dans leurs formes et les plus chargées d'aspérités d'un aspect pittoresque, sont les loupes de noyer et celles de marronnier. Mais sous un aspect, au premier abord plus uniforme, les loupes des autres essences, notamment celles du chêne, du châtaignier et des racines du pin, ont aussi leur caractère distinctif.

Ce n'est là que la préparation, la matière première ; ce qu'il fallait admirer et ce qui d'ailleurs emportait l'unanimité des suffrages, surtout chez les dames, ce sont les objets fabriqués avec des loupes de dimensions variées, réunies, creusées, partagées ou rassemblées de différentes manières suivant leur destination. Car tel est surtout le but que s'est proposé M. Thiriat en prenant part de la sorte à l'exposition forestière : montrer ce qui se passe sous

l'écorce des arbres, et faire voir quel parti l'on peut, moyennant un faible travail et à peu de frais, tirer de ces caprices de la nature.

Sur un simulacre de cheminée occupant le fond de la salle, une pendule monumentale composée d'une seule loupe et marquant les secondes avec un balancier formé lui-même d'une loupe minuscule, garnissait le milieu. Aux deux extrémités deux bouquets de bruyères en fleurs reposaient dans deux loupes de sapin creusées en manière de ces vases qu'on appelle cache-pots. Deux coupes de forme élégante, deux chandeliers, deux porte-cigares et un bougeoir, complétaient cette garniture de cheminée exclusivement composée de ces monstruosités végétales. Au-dessus de la pendule une petite glace s'appliquait contre la paroi ; son cadre est une loupe de forme sensiblement circulaire ; à droite une loupe creuse posée en applique et contenant de petites têtes sculptées ; à gauche une tête de hibou sortant d'une loupe circulaire, et dans la position même où se trouvait cet oiseau de nuit au moment où la loupe fut aperçue et enlevée du tronc creusé du saule qui la portait.— Une tête de chamois et deux os frontaux de chevreuil avec leurs cornes, peints en figures d'hommes... ou de diables, complétaient l'ornementation du fond.

Le foyer de la cheminée était occupé par une rondelle provenant d'un chêne de 96 ans seulement, et mesurant un mètre de diamètre ; les interstices étaient soigneusement garnis de mousse. Ainsi disposé, ce foyer faisait fond à un ravissant guéridon plat, sorte de table à thé formée d'une large loupe coupée par le milieu, et supportée par un pied composé de branches entrecroisées et soudées entre elles naturellement ; sur ce guéridon un large pot à tabac. Des deux côtés de la cheminée, se voient deux autres guéridons creux, portés chacun par un pied de même nature que le premier. Ce sont de délicieuses tables à ouvrage. Aussi que de belles dames eussent désiré que ces bijoux de bois fussent à

vendre ! Devant la fenêtre un quatrième guéridon différent des trois autres par la forme comme par l'essence et autant que ceux-ci entre eux, tous quatre cependant s'harmonisant ensemble :

Facies non omnibus una,
Nec diversa tamen, etc.

Et sur ce guéridon de la fenêtre une bonne tabatière rustique en écorce de merisier avec une loupe pour couvercle (1).

Quelques-unes des vues photographiques dont il est question plus haut garnissaient les murs, alternant avec trois ou quatre des planches coloriées de la *Flore forestière illustrée* (2) : des cadres en bois les entouraient, cadres sculptés par M. Thiriat dont le sens artistique sait aussi bien s'exercer sur le bois normal et sain que sur ses extumescences accidentelles.

III

Les incidents.

Telle était, conçue et exécutée en moins de quatre semaines, l'exposition forestière de Clermont en août et septembre 1880. Mais les descriptions qui précèdent ne suffiraient pas à la faire entièrement connaître. Après l'avoir décrite, il siérait d'en retracer l'histoire.

Car elle a une histoire.

(1) Voici au surplus, l'indication, objet par objet, de la nature des bois d'où provenaient les loupes ouvrées.

1° Pendule : chêne pédonculé. 2° Paire de chandeliers : châtaignier, chêne yeuse et buis. 3° Deux urnes ou cache-pots : sapin et houx. 4° Cadre de glace : marronnier. 5° Pot à tabac : pin d'Auvergne, chêne vert, châtaignier. 6° Guéridons : hêtre, mûrier, marronnier. 7° Table à ouvrage : mûrier, marronnier. 8° Appliques : chêne rouvre. 9° Coupes : chêne vert, noyer, buis, etc., etc.

(2) FLORE FORESTIÈRE ILLUSTRÉE : *arbres et arbustes du centre de l'Europe*, par Ch. de Kirwan, s. inspecteur des forêts, 1872. Paris, J. Rothschild.

Histoire peu éclatante et peu dramatique sans doute. Suite de menus incidents, à vrai dire, plutôt qu'histoire véritable; mais incidents pouvant parfois offrir quelque lointaine parenté avec l'élément comique, et, par suite, capables de délasser un instant l'esprit du lecteur à la suite des considérations plus ou moins ardues qui précèdent.

Les programmes les mieux combinés clochent toujours par quelque petit côté. Officiellement annoncée pour le dimanche 29 août, l'ouverture du concours agricole n'a eu lieu de fait que le mardi 31. La journée du 29 avait été absorbée par les concours d'orphéons et de fanfares. Pendant celle du 30 l'attention universelle se portait sur une brillante cavalcade historique débutant par le triomphe de Vercingétorix après la défaite de César à Gergovie, et se terminant par la rentrée de Desaix à son retour d'Afrique. Mais le soir du même jour il y avait fête de nuit au jardin Lecoq, vaste espace où se trouvent réunis un parc, un jardin botanique et fruitier, un aquarium et d'immenses serres. Au feuillage des bosquets se balançaient mille lanternes vénitiennes et de nombreux foyers de lumière électrique éclairaient les pelouses, les préaux et les avenues. La musique municipale et la musique de l'un des régiments de la garnison faisaient à tour de rôle entendre leurs mélodies, en attendant qu'un feu d'artifice fût tiré sur les bords du lac pour clore dignement ce premier jour de fête.

Le personnel forestier, en cette circonstance, avait naturellement pris place devant la façade de son chalet. Nul lieu ne serait meilleur pour jouir de la vue du feu d'artifice; et pour venir d'un peu loin les accords de la musique, poétisés par la distance, n'en auraient que plus de charmes. Soit oubli, soit tout autre cause, on avait omis de faire briller deux foyers de lumière électrique placés sur deux poteaux à quelques mètres en avant du chalet: deux lampes, que l'on avait eu l'idée malencontreuse de placer à l'intérieur derrière les fenêtres des pavillons latéraux, révélaient seules, par leur modeste éclat, aux rares promeneurs qui se hasar-

daient dans cette région oubliée et obscure, l'existence d'une construction dont la destination d'ailleurs leur échappait.

Admis en qualité d'ami auprès des forestiers, l'auteur de ces lignes goûtait avec quelques délices cette solitude relative, ce clair-obscur qui, vous dissimulant aux regards de la foule, permettait de jouir, dans le calme et la paix, de ses joyeux quoiqu'un peu tumultueux ébats. Mais tout à coup par l'effet de je ne sais quel *fiat lux*, les deux foyers de lumière électrique, obscurs jusqu'alors, inondent de leur blanche clarté la champêtre façade et la robe de mousse du chalet forestier. C'est, aux yeux du public surpris, une subite révélation. Il arrive en foule. La calme solitude de l'heure précédente avait fait oublier de fermer la porte de la rustique demeure. D'ailleurs l'exposition n'avait pas été disposée pour être visitée de nuit. Mais la vue d'un peu de lumière à l'intérieur, malgré l'obscurité du pavillon central, convie le public à entrer : il se demande d'abord si cette construction au faîte de laquelle se lit le mot *Forêts* n'est pas la *Forêt Noire*, mais n'en pénètre pas moins à flots pressés. Les trois préposés en uniforme ont peine à maintenir un semblant d'ordre dans cette multitude, tandis que les chefs et leurs amis s'efforcent de sauvegarder les plates-bandes de la pépinière envahie par ses trois entrées à la fois. Les adultes, il n'est que juste de le reconnaître, se prêtaient avec un louable bon vouloir à se tenir dans les allées, ou bien, trop pressés par la foule, à se dégager sur les sentiers séparatifs des plates-bandes. Mais les enfants.... cet âge est sans pitié !.. (Sans pitié parfois aussi les hommes faits, comme on va le voir....) Surgit le feu d'artifice, et voilà l'intérieur du chalet abandonné ; mais c'est au détriment de la pépinière et de ses abords, tout cet emplacement formant, on l'a vu plus haut, comme une sorte d'amphithéâtre en face de la pièce d'eau. Non loin des plates-bandes inférieures, un collégien, bousculé par ses voisins et cherchant à éviter une culbute, retrouve son aplomb en retombant debout un pied sur

le sentier, mais l'autre au beau milieu d'un semis de *pinus nigra austriaca* d'un an : il est rabroué d'importance par deux agents forestiers qui, de leur plus grosse voix, lui inculquent ainsi qu'à ses voisins une terreur salutaire. Un instant après, et dans les plates-bandes du haut cette fois, un rose et frais bambin de 6 ou 8 ans, fourre ses deux mignons petits pieds au travers des jeunes plants du *pinus sylvestris communis*, var. arvernensis! Une main indignée, non pourtant celle d'un forestier, saisit aussitôt à la nuque par le haut de son vêtement le mioche malavisé, et le tient ainsi suspendu pendant un court instant, tandis que l'autre main lui applique une... calotte retentissante qui l'envoie à quelques mètres de là, tête par-dessus tête, reprendre son équilibre sur l'allée du milieu. Le bébé pleure ; le public rit ; le père du bébé, un haut fonctionnaire de la localité, paraît-il, et mieux encore un homme d'esprit, prend la chose en bien et emmène sans mot dire le jeune et inconscient perturbateur.

Grâce à ces actes de judicieuse sévérité, la petite pépinière n'est point trop détériorée, et, le lendemain matin, la main diligente des préposés en a bientôt fait disparaître les avaries. Il en était besoin, car dès l'ouverture du jardin, à dix heures ou midi, l'exposition forestière, délaissée l'avant-veille, semble devenir le but obligé des innombrables promeneurs qui se pressent dans le jardin de la ville. On s'y succède sans interruption et cette affluence ne cessera qu'à la démolition du chalet.

Une seconde fête de nuit est annoncée pour le jeudi suivant 2 septembre avec les embellissements de la lumière électrique.

Il s'agissait, pour les agents forestiers, de n'être point débordés comme la première fois. On avait pu préserver la pépinière de toute détérioration grave et nul incident sérieusement regrettable ne s'était produit, malgré l'obscurité partielle, dans l'intérieur du chalet. Mais qui pouvait répondre qu'une seconde et pareille épreuve serait égale-

ment heureuse? Il fut décidé qu'on n'allumerait aucune lampe à l'intérieur, que l'on fermerait soigneusement et cadenasserait la porte, et que les préposés, mis en faction l'arme au pied à chacune des trois issues de la pépinière, ne laisseraient entrer que les agents forestiers et leurs familles.

Tout alla bien d'abord et tant qu'il ne fut pas question du feu d'artifice. N'apercevant pas de lumière à l'intérieur et voyant d'ailleurs porte close, le public ne songeait point à s'approcher du chalet, ni même de la pépinière. Mais dès les premières fusées, tout change de face. Le public s'approche d'abord en hésitant, puis s'enhardit, puis se presse, et bientôt les trois entrées sont assiégées. Cependant les préposés font bonne garde et observent militairement la consigne. Un magistrat, accompagné de sa femme et d'autres dames, de sa famille sans doute, avec quelques enfants, demande l'autorisation d'aller s'asseoir avec sa société sur les marches de l'escalier du chalet : on n'ose lui refuser, et la consigne est levée une première fois. Les six sièges rustiques qui, en dehors des objets exposés, formaient tout le mobilier du chalet, étaient occupés déjà par la partie féminine du personnel forestier. Quelques instants se passent. Dans la foule plusieurs maugréent contre les faveurs et les exceptions. Un des préposés ne tarde pas à avertir le seul agent qui se trouvât présent, sur le moment, que quelqu'un demande à lui parler. Un monsieur fort poli se présente, et de l'air le plus avenant :

— Monsieur, dit-il, je suis agent forestier en disponibilité; j'habite le sud du département où je m'occupe d'agriculture, et je viens, en qualité de camarade, vous demander la permission d'entrer.

— Comment donc, mon cher collègue! ce titre vous donne un droit incontestable : prenez place parmi nous.

— Seulement je ne suis pas seul.

— Votre famille bénéficie du titre de forestier, ajoute poliment l'agent de service en réprimant une légère moue qui eût été discourtoise.

— Ma famille.... et.... quelques amis, reprend le solliciteur.

Cette fois, la moue de l'agent forestier de service ne fut peut-être pas suffisamment dissimulée, surtout quand la *famille* du cher collègue eut fait irruption sur l'esplanade avec un effectif qui, en comptant hommes, femmes, enfants, jeunes filles, composait une société d'une quinzaine de personnes !... société du meilleur monde d'ailleurs, qui se confondit en excuses et en remerciements et dont l'attitude pleine de courtoisie et d'une réserve de bon ton démontra bien vite à l'*envahi* que jamais exception n'avait été mieux justifiée. Chacun, du reste, était arrivé muni d'une chaise ; en sorte qu'il n'y eut pas d'embarras pour caser tout le monde. Mais l'espace compris entre le chalet et les premières plates-bandes commençait à se rétrécir d'une manière inquiétante.

Cependant parmi les non favorisés, les mauvaises têtes (il y en a partout), maugréent de plus belle contre les inégalités et les faveurs. Ce qui n'empêche point qu'un instant après, le même préposé que tout à l'heure avertit ses chefs qu'une dame demande à leur parler.

— Messieurs, je suis femme d'agent forestier ; mon mari n'est pas avec moi en ce moment, mais il est à Clermont où l'ont appelé les affaires du concours régional. Je désirerais pouvoir prendre place ici.

— Nous n'avons rien à refuser, madame, à la femme d'un collègue.

— C'est que j'ai avec moi une amie, chez laquelle je uis descendue.

Et la femme du collègue prend place avec son amie, le mari de l'amie — un officier supérieur, — leurs deux enfants et, si nous ne nous trompons, deux jeunes officiers qui les accompagnaient.

Cependant un brave homme, mécontent de voir entrer tant d'élus sans y être compris, se met à prendre à partie le garde et à le menacer. Il faut aller le calmer et lui faire

entendre que, le garde obéissant aux ordres qu'il a reçus, ce n'est pas à un sulbaterne qu'il faut s'en prendre. Le brave homme annonce *qu'on aura de ses nouvelles* le lendemain, puis se tient tranquille.

Malgré tout la pépinière n'était pas envahie, et c'était le point essentiel. On le devait à l'espace ménagé par bonheur entre elle et le chalet; en sorte que tout le monde casé, les plates-bandes restaient intactes et qu'il y avait même encore un peu de place pour circuler.

Mais on n'était pas au bout des incidents.

Deux messieurs, arrêtés à l'entrée par le garde, font passer leurs cartes.

— Connaissez-vous ces messieurs? dit l'un des agents à son collègue.

— Oui ; je vais leur parler.

C'étaient, paraît-il, relativement du moins, des personnages au petit pied que ces deux nouveaux solliciteurs, et il semblait convenable de ne pas les éconduire.

— Vous pouvez entrer, messieurs, si vous le désirez, leur fut-il répondu ; mais je dois vous prévenir que nous n'avons pas de chaises à vous offrir.

— En ces conditions, nous préférons nous retirer, répliqua d'un air pincé le principal interlocuteur, et tous deux se retirent sans dissimuler un vif mécontentement.

Ce fut le dernier incident de la soirée ; mais il devait, on le verra tout à l'heure, avoir son épilogue.

Bientôt les artificiers lancent leurs dernières fusées et font éclater leurs derniers pétards. Les abords du chalet sont désertés peu à peu, la foule s'écoule lentement et tout rentre graduellement dans le calme et le silence de la nuit.

IV

Les dénouements.

Les jours suivants l'affluence continue autour et à l'intérieur du chalet.

Le jury du concours agricole vient en faire l'inspection, l'autorité départementale y fait une visite officielle. Autorité locale et membres du jury ne marchandent par l'expression de leur satisfaction.

Arrive le dimanche 5 septembre, jour mémorable. Le matin inauguration de la statue de Pascal, le soir proclamation des lauréats du concours agricole et horticole. De la fête de Pascal nous n'avons pas à nous occuper ici, bien que son côté scientifique ait été brillamment mis en lumière par un excellent discours de M. Cornu, membre, dès l'âge de 32 ans, de l'Institut de France, section des sciences.

Mais nous nous occupons ici de sylviculture, non des trente-deux premières propositions d'Euclide ou de l'invention du baromètre.

Dans l'après-midi, réunion dans la grande cour du lycée Blaise-Pascal des concurrents des diverses branches de l'agriculture. Disons tout d'abord que, sauf quelques éloges bien sentis dans les discours du préfet et du commissaire général du concours, à l'adresse de l'exposition forestière et de ses organisateurs, tout se borna, en fait de récompenses, à une gratification en argent accordée à chacun des deux brigadiers forestiers qui avaient prêté leur concours à leurs chefs, sans qu'aucune distinction honorifique fût affectée à ceux-ci. L'on avait, d'avance et officieusement, donné l'explication de cette apparente anomalie. Le jury ne disposait, pour la section de sylviculture, que d'une médaille d'or et de deux médailles d'argent. Les médailles d'argent paraissaient à ses membres notoirement au-dessous du mé-

rite de l'exposition forestière, et la médaille d'or pouvait seule, à leurs yeux, lui conférer une distinction digne d'elle. Mais on ne disposait que d'*une seule* médaille d'or et les organisateurs étaient au nombre de deux. Pour tourner la difficulté, le jury avait décidé qu'aucune récompense ne serait attribuée aux agents forestiers, mais que la médaille d'or de sylviculture serait décernée à un pépiniériste de Bourg-Argental qui avait exposé une très belle collection de conifères exotiques et d'arbres d'ornement. Vainement les agents forestiers avaient-ils répondu à cette communication en faisant observer que l'industrie du pépiniériste et l'élève des arbres rares et d'ornement sont du ressort de l'horticulture et non de la culture des bois ; que si celle-ci emprunte à celle-là quelques-uns de ses procédés pour la préparation des travaux de repeuplement et de reboisement, cet emprunt ne confère à la culture exclusive des jardins et des plates-bandes aucune entrée dans le domaine des forêts ; que l'arboriculture, même s'appliquant à des arbres d'ornement, n'a pas grand chose de commun avec la sylviculture, et qu'enfin il ne suffit pas d'ajouter à ses titres d'horticulteur et de pépiniériste celui de *sylviculteur* pour en réaliser, par le fait, les attributions et la compétence ; que d'ailleurs si une distinction honorifique ne pouvait être en effet attribuée collectivement à deux agents ni être partagée entre eux, elle pouvait, en tout cas, être affectée impersonnellement au *service forestier* dont les deux organisateurs se trouvaient être, en la circonstance, les représentants. Ces considérations, développées avant la décision du jury, eussent peut-être modifié sa décision ; mais cette décision était prise, le *siège était fait*, et la prime de sylviculture fut attribuée à un horticulteur.

La séance de distribution des récompenses agricoles ne fut cependant pas dénuée d'intérêt sous le rapport sylvicole. C'est un ancien agent forestier, M. Blot, sous-inspecteur en disponibilité et voué aujourd'hui à la culture des champs, qui a obtenu, avec les éloges les plus

flatteurs et les plus mérités, la prime d'honneur en même temps qu'un grand nombre de distinctions de détail; et le rapporteur du jury pour cette prime, M. Duchêne, un sous-inspecteur des forêts en disponibilité, lui aussi, chevalier de la légion d'honneur et membre de la Société centrale d'agriculture de France, a prouvé, par la lecture d'un très remarquable rapport, que, pour lui comme pour son collègue, la culture des champs, des prés, des vignes et du bétail n'a pas plus de secrets que celle des taillis et des futaies.

Tant il est vrai que tout se tient, que tout s'enchaîne dans la nature, et que si, à leur préjudice mutuel, ces deux ordres de culture ont généralement, jusqu'ici, vécu en France dans un état de séparation presque absolue sinon d'antagonisme, les connaissances et les aptitudes que développe dans l'esprit humain la pratique de l'art forestier, sont une excellente préparation à l'exercice de l'art agricole proprement dit.

Mais tout n'est pas encore fini pour l'exposition forestière.

La combinaison du jury du concours agricole ne parut pas satisfaisante à tout le monde, et des autorités placées bien au-dessus des deux organisateurs estimèrent qu'il y avait lieu de maintenir cette exposition pendant quelque temps encore, pour la faire concourir avec celle des produits industriels dont le jury ne devait instrumenter que dans la quinzaine.

C'est ici que se place l'épilogue du dernier incident de la soirée du 2 septembre.

Les deux solliciteurs non acceptants, *faute de chaises*, imaginèrent de se dédommager en faisant insérer, dans un journal de Clermont, un article hostile à l'exposition forestière et à ses auteurs, ce que l'on appelle familièrement, en terme de journalisme, un article d'*éreintement*. On ne voit guère, de prime abord, la liaison de ces deux faits entre eux. S'il n'y avait plus de sièges vacants dans la

place quand ces messieurs s'y étaient présentés, l'exposition forestière n'en pouvait mais, et les agents forestiers guère plus, d'autant que celui des deux qui était nominativement pris à partie dans l'article en question, était précisément celui auquel ces messieurs n'avaient pas eu affaire. La cause du mécontentement ne provenait donc pas sérieusement de là : elle serait venue d'une tout autre cause.

On se rappelle que la brillante société réunie devant le chalet comprenait de tout jeunes garçons et de très jeunes filles ; or c'est toujours la même affaire, cet âge est sans pitié ! Pendant que les deux personnages parlementaient soit avec le préposé de faction, soit avec son chef, toute cette jeunesse se réjouissait et s'ébaudissait fort, nous a-t-il été conté plus tard, de voir les messieurs susdits tenus en échec à la porte tandis qu'elle était bien commodément installée et assise en face du feu d'artifice dont elle ne perdait pas une étincelle. *Inde iræ*, de là l'irritation de ces messieurs, à en croire le dire des indigènes.

Mais de cela, exposants et exposés n'étaient pas responsables. Ils avaient fait de leur mieux et l'on traitait leur chalet de « véritable joujou, ressemblant à s'y méprendre à ces bergeries qui font la joie des enfants » (et sans doute aussi la tranquillité des parents). On leur reprochait d'avoir cherché seulement « un succès de curiosité », de ne pas s'être occupés de l'importante question du reboisement des montagnes qui « préoccupe nombre d'esprits sérieux, » (*sic*), enfin de n'avoir pas été pratiques ; et l'on comparait la remarquable collection des loupes brutes et ouvrées de M. le conseiller Thiriat à une « carafe (*sic*) dans laquelle un brave homme, héroïquement patient, a réuni les personnages de la Passion. » La tirade se terminait par ces mots : « Franchement, monsieur N., » (ici le nom en toutes lettres de l'agent forestier *qui n'avait pas* eu affaire à ces messieurs) « ce n'était pas la peine d'occuper toute la grande pelouse du jardin, pour nous montrer des choses aussi peu intéressantes. »

L'auteur de ces ingénieuses critiques, visait sans doute à être le plus méchant possible, mais son attaque laissait à découvert un défaut de cuirasse dont les confrères du journaliste en toute bonne guerre ne manquèrent pas de profiter. On s'empressa de relever une singulière contradiction : le même journal qui malmenait ainsi l'exposition forestière, en avait, huit jours auparavant, publié un compte rendu sommaire, mais bienveillant et sympathique où, précisément, les objets d'ameublement faits par M. Thiriat avec des loupes et excroissances de bois, étaient l'objet d'une description plus particulièrement élogieuse.

Aussi les deux autres journaux de Clermont eurent-ils assez beau jeu pour riposter à leur adversaire. Il eut, du coup, la rare fortune de mécontenter en même temps les administrations municipale et départementale. Ayant sollicité, encouragé et hautement approuvé l'organisation de cette exposition, les deux administrations locales ne pouvaient être satisfaites de voir leur commun organe blâmer et critiquer sans grande apparence de raison, ce qui en somme était, bien qu'indirectement, leur œuvre. C'était, en tout cas, montrer bien de la susceptibilité à propos de quelques rires enfantins.

Tel fut le dernier incident proprement dit.

Il ne reste plus, maintenant, qu'à achever le compte rendu de ce que nous avons appelé *les dénouements*.

Le 13 septembre au soir, les agents forestiers reçurent l'avis que le lendemain, à huit heures du matin, leur exposition serait visitée par le jury du concours industriel. Un ingénieur en chef et un ingénieur ordinaire des ponts et chaussées étaient les principaux membres de ce jury, ou plutôt du comité du jury général dans les attributions duquel rentrait l'exposition forestière. Celle-ci fut examinée avec l'attention la plus soutenue et la plus consciencieuse en la présence des agents et des préposés, ces derniers en uniforme. Pour de simples curieux l'exhibition

pouvait être visitée en détail dans l'espace d'un quart d'heure ou de vingt minutes ; car enfin les divers objets que nous avons décrits ne tenaient pas une place considérable, l'œil pouvait les apercevoir par groupes, par ensembles, et il ne lui fallait pas grand temps pour embrasser le tout. La visite du comité dura plus d'une grande heure; les agents forestiers eurent à répondre à une foule de questions, à fournir une multitude de renseignements propres à éclairer la religion du jury, et quand, à neuf heures et demie, les membres du comité se retirèrent, ce ne fut pas sans prodiguer aux exposants, chefs et subalternes, des félicitations bien faites pour les dédommager de leurs peines et de leur travail.

Dès l'après-midi, l'on commença à *défaire* l'exposition. Elle avait duré 17 jours à partir de son parachèvement, et il était grand temps de rendre les préposés qui la surveillaient à leur service habituel. Le lendemain au soir il ne restait plus rien que les murs en planches du chalet, lesquels ne tardèrent pas à disparaître, enlevés par l'entrepreneur de leur construction. La petite pépinière, théâtre de tant de menues aventures et de gais incidents, et l'enceinte de jeunes arbres verts qui l'entoure de trois côtés, restent seules, destinées à s'évanouir à leur tour, lorsque, peu soucieux comme de raison de leurs gloires éphémères, le directeur du jardin voudra refaire ses gazons impitoyablement sacrifiés pour la circonstance. Alors le promeneur qui, rasant sur un léger esquif la surface tranquille de la pièce d'eau, contemplera la pelouse inclinée et de nouveau unie dont le pied avoisine la rive, et se rappellera les splendeurs rustiques et... nocturnes dont elle brilla naguère, murmurera peut-être avec le chantre d'Elvire :

Ainsi tout change, ainsi tout passe,
Ainsi nous-mêmes nous passons,
Hélas ! sans laisser plus de trace,
Que cette barque où nous glissons,
Sur cette *mare* où tout s'efface !

Toutefois la comparairon ne serait pas entièrement exacte : l'exposition forestière improvisée de Clermont laissera assurément plus de traces que le sillage d'une barque sur une eau tranquille, — tout comme le petit lac qui s'étendait à ses pieds, sans être comparable aux ondes azurées de la mer de Baïa, mérite mieux cependant que le nom beaucoup trop modeste de mare. Tous les billons ou rondins pris sur le pied des arbres et brins de reboisement de divers âges, qui avaient figuré à la salle des reboisements, ont été soigneusement numérotés et emmagasinés dans l'un des chalets permanents de la pépinière de Royat ; tandis que leurs étiquettes, revêtues des numéros correspondants sont conservées d'autre part. Si, dans une dizaine d'années, par exemple au prochain concours régional qui aura son siège à Clermont, une nouvelle exposition forestière est organisée, l'on pourra, à côté des échantillons de 1880, placer de nouveaux échantillons pris dans les mêmes reboisements ou repeuplements. Par là l'on aura le moyen de se rendre compte de l'accroissement obtenu, du progrès accompli. Et si, par la suite des temps, cette pratique passait dans la coutume et devenait régulièrement périodique, quelle précieuse série d'observations comparées n'en pourrait pas résulter !

En attendant, et pour s'en tenir au présent, le jury a cru devoir brillamment récompenser le service forestier du Puy-de-Dôme dans la personne des organisateurs de l'exposition. Le 16 septembre eut lieu, dans la vaste cour du lycée Blaise-Pascal, la séance solennelle de proclamation des lauréats du concours. L'exposition que nous avons essayé de décrire était colloquée dans la classe II du 1er groupe désignée sous cette rubrique :

« Art forestier, ses produits, chasse, pêche, récoltes obtenues sans culture, soies et cocons, ruches, miels, cires, engrais. »

Les diverses récompenses dont disposait le jury pour les exposants de chaque classe consistaient, suivant leur ordre

d'importance, en un diplôme d'honneur et en médailles d'or, de vermeil, d'argent et de bronze.

Le diplôme d'honneur de la classe II du 1er groupe a été décerné à l'Administration des forêts à Clermont, représentée par les organisateurs de son exposition. De plus, séparant de l'ensemble de celle-ci la collection de loupes et broussins et d'objets d'ameublement fabriqués avec ces bizarres produits naturels, le jury a tenu à lui attribuer une distinction spéciale en accordant à M. Thiriat, son auteur, une médaille d'argent.

Finis coronat opus ! Ainsi se clôt l'épisode sylvicole dont nous avions entrepris le récit. Puissent ceux qui s'intéressent aux productions du sol, à la parure végétale des montagnes, à ses effets bienfaisants comme aux ressources qu'elle peut offrir, trouver quelque intérêt dans cette lecture. Puissions-nous aussi avoir tempéré l'aridité inhérente à tout exposé scientifique par quelques notes moins austères, et mérité le suffrage exprimé par le poète de l'antiquité.

Omne tulit punctum qui miscuit utile dulci.

UN AMI DES FORÊTS.

LA COMPAGNIE DE FERTILISATION

ET LA CRISE ÉCONOMIQUE.

En dépit du développement extraordinaire que prend en Belgique et en France le commerce des engrais chimiques et des machines agricoles, un grand nombre de cultivateurs et même de personnes instruites restent persuadées de la supériorité de l'empirisme en agriculture ; elles ne peuvent admettre que la théorie scientifique en soit arrivée à substituer avec succès la pratique consciente à la routine, et à rendre des points à ceux qui suivent, en matière de culture, la tradition de leurs pères. Aussi n'est-ce qu'en marchant que la science peut répondre à ceux qui nient le mouvement ; et c'est ce qu'elle fait.

Nous avons déjà appelé l'attention dans de précédents articles (1) sur ces immenses exploitatons du *Far West* américain et de la rivière Rouge, où la mécanique et la chimie, la charrue à vapeur et la locomobile, remplaçant le

(1) La science et l'enseignement supérieur de l'agriculture, *Revue générale*, juillet, 1880. — Histoire de la doctrine de la restitution, *Revue des questions scientifiques*, 1878. Les sciences naturelles appliquées à l'agriculture, *Revue catholique*, décembre, 1879.

travail de l'homme, lui permettent de se soustraire aux lois de l'assolement et d'écraser nos marchés par une production exubérante.

Nous avons également rendu compte des merveilleux résultats obtenus par les engrais chimiques en Angleterre et dans le nord de la France, par MM. Lawes et Gilbert, Pagnoul, Correnwinder, Dubrunfaut, Dehérain et Grandeau : ces savants sont arrivés à des applications presque mathématiques des lois de la restitution, qui leur permettent de commander en quelque sorte à la production végétale et d'élever les rendements de certaines cultures dans des proportions fabuleuses sans épuiser le sol.

C'est ainsi que MM. Lawes et Gilbert ont obtenu depuis 33 ans des céréales superbes sur les mêmes terres, et ils opèrent à volonté la sélection des graminées des prairies par l'engrais chimique de façon à élimimer naturellement toutes les mauvaises herbes.

De son côté M. G. Ville a montré que les légumineuses peuvent se passer de fumier parce qu'elles fixent l'azote de l'atmosphère et n'empruntent au sol que des éléments minéraux ; et M. Pagnoul a fait voir la supériorité de l'engrais chimique sur l'engrais de ferme, qui augmente les sels et diminue le sucre dans la betterave, parce qu'il développe le tissu cellulaire et l'albumine aux dépens du tissu vasculaire.

Il existe à l'heure qu'il est, en France comme en Angleterre, des cultures lucratives exclusivement basées sur l'emploi de l'engrais chimique. Telles sont les fermes de M. Prout, dans le comté de Herts, qui cultive avec de gros profits 140 hectares en céréales à l'instar de MM. Lawes et Gilbert. Toute la comptabilité de ces fermes repose sur le travail du laboratoire de l'exploitation, où l'on analyse sans cesse les denrées et les matières premières qui entrent et qui sortent ; de telle façon que le bilan des recettes et des dépenses se règle, comme le bilan de l'organisme vivant, dans les laboratoires de physiologie ; car on peut

connaître exactement aujourd'hui la teneur en principes fertilisants du sol, de la plante et de l'engrais, c'est-à-dire de tous les éléments bruts et fabriqués de cette usine de transformation que l'on appelle une ferme.

Nous n'avons pas à rechercher ici pourquoi, en Belgique, l'enseignement agricole officiel n'a pu se mettre encore dans la pratique au niveau de ces exploitations modèles. Mais ce que nous savons, c'est qu'il serait facile, à l'heure qu'il est, d'obtenir chez nous avec le concours de quelques chimistes, les résultats merveilleux que l'on obtient à nos portes.

Il est facile d'en fournir la preuve, en étudiant l'organisation et la constitution d'une de ces cultures modernes qui ont réalisé en quelques années de véritables prodiges.

Nous voulons parler de la *Compagnie de fertilisation* dirigée par M. Coquerel aux portes de Paris, à Clichy-la-Garenne. Nous choisirons celle-là de préférence à d'autres, parce que l'esprit qui l'anime ne vise pas seulement à résoudre un problème scientifique et économique, mais résout en même temps l'un des problèmes sociaux les plus intéressants de notre époque, la moralisation de la classe ouvrière par le travail des champs et la mise en pratique des principes d'égalité et de fraternité chrétienne dans un milieu démagogique. M. Coquerel ayant pour commanditaire M. de Vaufleury, fonda en 1874, à Clichy-la-Garenne, une usine pour la fabrication des engrais, basée sur l'analyse chimique des matières premières.

Dès le principe, ces messieurs attachèrent à leur établissement un chimiste distingué, M. Maillard, qui sut déterminer promptement les formules d'engrais applicables aux différentes plantes de la culture en général.

La vente des produits de l'usine fut, dès l'année 1875, de 800 000 kilogrammes et atteignit en 1877, 6 000 000 de kilogrammes.

La réussite de sa fabrication inspira alors à M. Coquerel l'idée de développer son industrie en appuyant ses théories

de faits précis et il entreprit, d'abord à son compte personnel, et ensuite soit comme fermier, soit de compte à demi avec quelques-uns de ses clients, une série d'expériences pratiques destinées à démontrer les avantages de l'emploi des engrais spéciaux dans les sols réputés les moins fertiles.

Divers essais de culture, effectués dans ces conditions tant en Belgique que dans le département de la Marne en 1877, et plus tard en Seine-et-Marne, ont donné d'excellents résultats et se poursuivent encore aujourd'hui avec succès.

Dans la même année 1877, M. Coquerel prit deux brevets d'invention, l'un pour le traitement des eaux d'égout et de matières de vidanges, et l'autre pour la fabrication des superphosphates, dont il fut à même de faire promptement une heureuse application.

Après deux années d'expériences, la société Coquerel encouragée par l'extension de ses affaires, songea à augmenter ses ressources et se transforma, le 19 mai 1879, en société anonyme au capital de 3 229 000 francs, sous le nom de Compagnie de fertilisation.

Le titre 1er des statuts de la nouvelle compagnie porte que cette dernière a pour objet la continuation des opérations de la société Coquerel et Ce, avec toutes les extensions qu'elle comporte et pourra comporter, savoir :

1° La fabrication et la vente des engrais de toute nature, l'acquisition et le traitement des matières fécales, leur transformation en engrais, etc., l'achat de toutes fabriques d'engrais, dépotoirs, voiries et leur exploitation.

2° L'exploitation directe des brevets Coquerel, leur vente ou cession, ainsi que celle de tous autres brevets qui pourront être pris par la suite.

3° Des exploitations agricoles, soit directement, soit à colonie partiaire, soit par fermage et notamment au point de vue de l'expérimentation des engrais.

4° L'exploitation de toutes concessions, adjudications ou traités passés ou à passer avec des villes, des communes, des établissements ou des particuliers pour l'extraction

et le traitement des vidanges ou de toutes autres matières azotées.

D'après les inventaires des trois dernières années, la fabrique d'engrais produit un dividende annuel de 12 1/2 pour cent L'augmentation de la clientèle ne peut que faire accroître le revenu pour l'avenir.

Le domaine de Saint-Louis affermé par la Compagnie, pour une période facultative de 18 à 27 ans au gré de la Compagnie fermière se compose de deux fermes comprenant ensemble 200 hectares de terres labourables.

Le sol est généralement siliceux et silico-argileux, de fertilité médiocre, mais facile à cultiver.

Le prix de location est de 20 francs l'hectare, net de tous impôts, ces derniers à la charge du propriétaire.

L'assolement est biennal ; première année, pommes de terre ; deuxième année, céréales, froment, seigle, avoine.

Le personnel se compose d'un régisseur, de trois ménages représentant 6 personnes, de 2 domestiques et d'une équipe roulante d'ouvriers.

Le matériel d'exploitation comprend 1 charrue à vapeur locomobile, 2 moissonneuses, 2 faucheuses, 2 semoirs, 2 rateaux à cheval, des charrues ordinaires, des herses, rouleaux, etc.; l'outillage est très complet.

La propriété du Gallois a été achetée par la Compagnie pour le prix de 85000 francs, à raison de 300 fr. l'hectare; sa contenance est de 262 hectares, 220 sont des terres labourables, 42 sont boisés.

Le sol est argilo-siliceux, de fertilité moyenne, dans de bonnes conditions de culture.

Le personnel est représenté par un régisseur, 3 charretiers, 1 berger, 1 vacher suisse, 1 servant de basse-cour, 1 second servant de ferme, 1 jeune berger, et un certain nombre d'ouvriers pour la main-d'œuvre supplémentaire au moment de la moisson.

Le matériel comporte : 1 moissonneuse, 1 batteuse locomobile de Garret et les instruments usuels de la culture ordinaire.

Le cheptel vivant représente 11 vaches hollandaises Durham ; 12 génisses de 15 mois, hollandaises Durham ; 300 moutons à l'engrais et quelques porcs. L'estimation moyenne des cheptels, mort et vivant, est d'environ 40000 francs.

Ce domaine cultivé autrefois par un fermier donnait, avant l'expérience tentée par la Compagnie, un revenu de 2 1/2 pour cent seulement.

La Compagnie de fertilisation exploite encore, sur divers points des cantons de Nemours et de Moret, d'autres fermes dans des conditions de culture analogues.

Les rendements moyens ont été, à l'hectare, en pommes de terre, de 10000 kilogrammes et, en froment, de 24 hectolitres (minimum 22 hect. maximum 28).

Ces récoltes ont été fumées à raison de 1000 kilogrammes d'engrais à l'hectare, la main d'œuvre a été comptée au prix de la localité et choisie dans le pays.

Le taux des dépenses a donc été porté à son maximum.

Le revenu moyen par hectare est de fr. 130.

La fertilité des terres devant augmenter ou tout au moins se soutenir au même niveau par l'usage annuel des engrais, on peut se servir des résultats déjà connus pour établir le bilan probable de cette entreprise pour l'avenir.

La culture des 900 hectares que la Compagnie possédait en 1879, soit en propriété soit en location, dans Seine-et-Marne, se répartissait ainsi :

En froment	200	hect.
En fourrages	300	»
En pommes de terre ou racines . .	100	»
En pâturages	200	»
En productions diverses	100	»
Total. . . .	900	»

Nous avons parlé plus haut de l'introduction de divers instruments perfectionnés, comme la charrue à vapeur, la moissonneuse, etc.

L'économie apportée à la main d'œuvre par le fonctionnement de ces instruments peut approximativement s'établir de la manière suivante :

Pour la moissonneuse, l'économie est acquise par l'expérience qui en a été faite chez M. de la Tour du Pin. La moisson d'un hectare de froment coûte par ouvrier 35 fr. ; au moyen de la moissonneuse elle ne revient qu'à 22 fr. environ, y compris la mise en moyettes.

Pour la question des labours à la charrue à vapeur, l'économie sur 400 hectares serait de 13 500 francs répartis ainsi :

3 labours	pour blé,	économie	15 fr.	= 45 × 200	9 000
2 d°	racines	»	15 »	= 30 × 100	3 000
1 d°	divers	»	15 »	= 15 × 100	1 500
				Total	13 500

Il y aura d'autres économies pour l'ensemble de l'exploitation mécanique. Comme détail technique, la locomobile Debains coûte, en 10 heures de travail :

300 kilog. de charbon	10 fr.
2 hommes pour la servir	8 »
Usure et réparation	5 »
Total.	23 »

Cette somme suffit pour le labour de 5 hectares. L'hectare de labour par le mode ordinaire coûtant 20 francs, il y a 15 francs d'économie par hectare.

Il est facile de se convaincre par ces chiffres, de l'économie considérable que l'on peut réaliser en opérant sur une large échelle.

Dans les dépenses ci-dessus, les engrais sont comptés à leur prix de vente ordinaire. La Compagnie, produisant elle-même ces engrais, bénéficie en réalité de la commission qui eût été payée à l'intermédiaire, soit 10 pour cent ou en chiffres ronds 13 000 francs.

En réunissant ces économies, on trouve un bénéfice en plus,

Sur le labour, de	13 500
Et sur les engrais, de	13 415
Soit	26 915

Nous négligeons de mentionner d'autres instruments utiles, comme l'arracheuse de pommes de terre, la bineuse, dont l'économie peut être évaluée à 30 pour cent, soit 6 000 francs par an.

En ce qui concerne la culture directe, dit M. Lefebvre de Sainte-Marie, les terres presque incultes aujourd'hui par suite de la difficulté d'exploitation que présentent les trop grandes superficies, et qui sont cotées par leur abandon même comme étant de quatrième rang, se transformeront promptement sous l'influence des améliorations en terres de première classe, et, du prix de location de fr. 20 l'hectare où elles sont actuellement, monteront à 150 francs. La valeur du fonds, d'ici à quelques années, s'accroîtra en raison de la valeur des revenus et, en divisant les domaines, ils pourront être revendus avec une plus-value considérable.

Quant au système d'exploitation par fermage, la Compagnie, en outre du revenu annuel, se réserve dans chaque ferme un véritable capital à la fin du bail. Les clauses des contrats effectués par elle portent en effet que le fermier pourra créer un certain nombre d'hectares de prairie, et que le propriétaire devra lui rembourser une somme de 300 francs par hectare créé.

Cette combinaison très ingénieuse est avantageuse pour chacune des parties contractantes.

La réalisation du projet de la Compagnie de fertilisation est l'application pratique et raisonnée du véritable crédit agricole. En fournissant aux cultivateurs les engrais qui leur sont nécessaires, en mettant à leur disposition les instruments les plus perfectionnés de la culture, elle ap-

portera à l'agriculture en général un concours beaucoup plus efficace que celui que pourrait lui donner la circulation du papier agricole et son escompte sans but déterminé.

En appliquant sagement son programme, la Compagnie de fertilisation peut devenir la compagnie la plus riche et la plus puissante de France.

Par suite des négociations suivies dans plusieurs départements et spécialement dans les arrondissements de Châlons, d'Épernay et dans les Ardennes, une immense étendue de 10 000 hectares de fermes est mise dès à présent à la disposition de la Compagnie de fertilisation par de grands propriétaires intelligents, au prix moyen de 26 francs par hectare, pour recevoir des cultures améliorantes, qu'ils considèrent comme le salut du capital représenté par leurs domaines.

Il y a deux ans déjà que M. Barral, secrétaire perpétuel de la Société centrale d'agriculture de France et qui n'est certes pas suspect « d'engouement clérical », écrivait ce qui suit dans le *Journal de l'agriculture :*

« L'usine de Clichy-la-Garenne a été fondée il y a cinq ans, elle occupe de soixante à cent vingt ouvriers, selon la saison ; on sait, en effet, que les engrais ne sont guère demandés qu'à deux époques chaque année, et qu'il faut, au moment des livraisons, un surcroît de main-d'œuvre. Une chose frappe le visiteur, ce sont les relations de bon patronage qui existent entre les chefs et le personnel ouvrier ; les repas sont pris dans un réfectoire commun : tout le monde prend place à la table, et l'un des maîtres de l'établissement préside à tour de rôle. Dans les ateliers, toutes les mesures nécessaires sont adoptées pour l'évacuation des vapeurs et des poussières insalubres.

» On voit, par mille détails analogues, qu'on se trouve en présence d'une affaire montée avec réflexion et parfaite entente des nécessités d'une grande fabrique. Un laboratoire de chimie bien outillé et dirigé par un jeune homme

instruit, secondé de bons aides, est d'ailleurs l'âme de toutes les opérations. Pour pouvoir livrer à l'agriculture des engrais de composition déterminée et garantie, il faut, en effet, que toutes les matières premières employées soient analysées et que l'on vérifie également les engrais fabriqués avant de les expédier.

» Les matières premières employées par l'usine Coquerel sont les phosphates d'os ou minéraux, des phosphates précipités, des matières organiques diverses (les plus riches que les directeurs puissent trouver dans le commerce), des matières de vidanges, du sulfate d'ammoniaque et du nitrate de soude, des sels de potasse, enfin de l'acide sulfurique acheté à la fabrique de Saint-Gobain. La force motrice qui fait marcher les broyeurs, les malaxeurs, les presses à faire les gâteaux ou tourteaux de matières riches en phosphates et en matières azotées etc., etc., est fournie par une machine à vapeur de la force de 40 chevaux. Les arrivages et les expéditions se font facilement et au plus bas prix possible, parce que l'usine est tout proche de la Seine et du chemin de fer. On comprendra que nous ne devions pas donner une description complète et minutieuse des procédés et des manipulations de l'usine ; à chaque fabrique ses moyens. Nous dirons seulement deux choses, parce qu'elles intéressent l'agriculture ou l'hygiène publique : la première, c'est que les matières organiques diverses sont préalablement dissoutes pour entrer dans la constitution des superphosphates, et que c'est là une bonne condition remplie pour obtenir l'homogénéité de l'engrais. Notre seconde constatation porte sur ce fait que les eaux rejetées des matières de vidanges employées après la précipitation et la compression des magmas azotés et phosphatés qu'on en extrait, sont limpides et débarrassées de la presque totalité de leurs impuretés. C'est l'application perfectionnée dans une usine du procédé de purification proposé par feu Lechatellier, pour les eaux des égouts.

« On sait que M. Lechatellier avait proposé de purifier

les eaux d'égout, en y versant un réactif qui était tout simplement du sulfate d'alumine. Sous l'action du carbonate d'ammoniaque du liquide, il se précipitait de l'alumine à l'état de gelée, entraînant toutes les matières en suspension. Le précipité pouvait être employé comme engrais ; les eaux surnageantes s'écoulaient claires. Ce procédé a été essayé à Gennevilliers ; il avait l'inconvénient d'une grande lenteur. M. Coquerel a substitué d'une manière très heureuse au sulfate d'alumine le phosphate d'alumine dissous dans l'acide sulfurique, et en outre il opère par filtration dans des presses. Son procédé est maintenant exploité en grand par la Compagnie des vidanges et engrais de l'Ouest, qui, outre l'usine maintenant en pleine action à Nantes, en a construit une autre qui va fonctionner à Angers ; elle est en pourparlers pour en établir une troisième au Havre.

» Dans l'usine située à Nantes, où nous avons passé plusieurs heures, nous avons trouvé un outillage très remarquable, et nous pouvons témoigner de la salubrité de la fabrication. La vidange des fosses se faisait en plein jour. Nous avons vu revenir plusieurs fois dans la même journée la même tonne cylindrique en tôle d'une capacité de 2 mètres cubes environ, portée sur un chariot à deux chevaux. On mettait, pour la vider, un robinet supérieur en communication avec une chaudière à vapeur chauffée à trois ou quatre atmosphères. L'ouverture du robinet inférieur et du robinet supérieur suffisait, comme on le comprend, pour que la tonne laissât écouler les liquides qu'elle renferme, dans un réservoir placé dans le sous-sol. La tonne se trouvait ainsi vidée, et le chariot repartait immédiatement pour aller la remplir de nouveau par l'effet de la seule pression atmosphérique, dès qu'on la mettait en communication par un tuyau avec la fosse à vidanger.

» Dans l'usine, les matières versées dans le réservoir sont reprises par une pompe pour être montées dans un bac où elles sont mélangées avec le réactif. Il nous a paru

qu'on emploie 150 kilogrammes de ce réactif pour 4 mètres cubes de matières, soit de 3 à 4 pour 100. Après que la matière a été brassée, un monte-jus, analogue à celui des sucreries, prend le mélange pour l'envoyer tout chaud dans un jeu de filtres-presses verticaux constituant un parrallélipipède rectangle. La masse arrive dans l'intérieur, se répand entre les toiles. La matière solide est retenue. Le liquide filtre clair en s'écoulant par un jeu de robinets inférieurs, dans un conduit qui mène à un réservoir. Ce liquide est jaune, très limpide, nettement acide ; il est repris pour servir à fabriquer du sulfate d'ammoniaque, au moyen de la chaux et de la distillation dans des appareils connus pour cette fabrication. Il fournit du sulfate d'ammoniaque très beau. Au bout de quelque temps, dans les filtres-presses, l'écoulement cesse de se produire. On ferme alors les robinets d'amenée, et on démonte une presse, tandis qu'une autre continue à travailler. On trouve entre les toiles de véritables tourteaux solides qu'il suffit de mettre sur des claies afin de les dessécher. Ils constituent le nouvel engrais dont nous avons dit la richesse.

» C'est dans ces tourteaux que se trouve toute la partie solide des vidanges, en même temps que les matières organiques qui ont été précipitées par le phosphate d'alumine. Comme d'un autre côté on retire toute l'ammoniaque dans la fabrication du sulfate d'ammoniaque, on utilise absolument toutes les matières fertilisantes qui existent dans les vidanges pour les livrer intégralement à l'agriculture sous deux formes différentes. Dans l'une, ce sont les sels ammoniacaux, dans l'autre les matières azotées organiques mélangées avec une grande quantité de phosphates. Rien n'est donc perdu, tout est utilisé ou au moins utilisable, au profit de l'agriculture. Il nous a été donné de constater que les opérations n'ont plus rien de contraire à l'hygiène publique, on peut même dire, plus rien d'offensant pour l'odorat. Les gaz qui se dégagent lors du mélange avec le réactif peuvent facilement être entraînés par une cheminée d'appel

et être conduits sous le foyer de la chaudière à vapeur pour s'y brûler. Le monte-jus et les filtres-presses ne laissent échapper aucune émanation désagréable.

» En résumé, le procédé de M. Coquerel, tel qu'il est employé à Nantes, présente toutes les conditions désirables de succès ; il constitue un grand progrès pour le traitement des matières fécales et des urines, en supprimant toutes les émanations nauséabondes de la fabrication de la poudrette, en mettant entièrement sous des formes réduites et d'un aspect propre et salubre, à la disposition de l'agriculture, les matières fertilisantes contenues dans les déjections humaines.

» Les divers engrais fabriqués par MM. Coquerel et Ce sont en très grande partie expédiés aux colonies, exportés en Belgique ou bien employés dans le nord et le centre de la France.

» En ce qui concerne les effets des engrais, il faut, dans chaque nature du sol, consulter l'opinion des plantes, selon l'expression si juste de M. Boussingault. Nous avons applaudi MM. Coquerel d'avoir compris cette vérité. Ils ont eu recours à deux moyens :

» 1° Ils ont acquis une propriété de la contenance de 106 hectares au Baizil, canton de Montmort, à vingt kilomètres d'Épernay, dans le département de la Marne. « Les » terres de cette ferme, disent-ils, étaient de très mau- » vaise qualité ; elles avaient été épuisées par des cultures » successives faites sans fumier. » Ils y ont appliqué leurs engrais. La mise en bon état a commencé avec les divers engrais de l'usine de Clichy. Les résultats appuyés par les recherches du laboratoire seront publiés. 2° MM. Coquerel ont loué pour des essais de culture de betterave 20 hectares de terre en Belgique, dans les communes de Bois-de-Lessines, Bas-Silly, Ormeignies, Silly, Irchonwelz, Renaix, Ath. Le prix a varié de 180 à 350 francs par hectare. Le bailleur donnait la terre prête à être ensemencée, répandait l'engrais et la graine, arrachait la betterave et la por-

tait à la sucrerie voisine ; il recevait les pulpes en échange du transport. De leur côté, MM. Coquerel fournissaient la graine, l'engrais et les sarclages. Les poids des récoltes obtenues ont ainsi été contrôlés par des tiers. Il en est résulté que l'on a pu constater quels étaient les engrais les plus favorables tant à de fortes récoltes qu'à de forts rendements en sucre. Les certificats qu'ils nous ont montrés et qui émanent de cultivateurs et de fabricants de sucre considérables, accusent des produits vraiment remarquables, presque extraordinaires (1). Des expériences analogues ont été faites par la clientèle française de MM. Coquerel. Dans les colonies, à la Guadeloupe et à la Martinique, plusieurs centaines de tonnes (2) ont été employées de manière à ce que les effets puissent être constatés. C'est là une bonne méthode de propagande pour une fabrique. Nous attendrons pour citer des chiffres, des renseignements précis sur la campagne nouvelle. Les directeurs de l'usine de Clichy ont d'ailleurs résumé leurs remarques, leurs conseils, les renseignements qu'ils ont reçus, dans une brochure qu'ils donnent à leurs clients, et qui est sagement rédigée.

» En résumé nous avons trouvé dans la fabrique de MM. Coquerel et Cᵉ un ensemble très intéressant de procédés bien combinés pour préparer des engrais dont la composition puisse être loyalement garantie, nous y avons constaté en même temps un esprit de recherche remarquable, avec le désir de donner une complète satisfaction aux besoins de l'agriculture. »

Toutes les matières fertilisantes sont analysées et dosées

(1) Voir le *Journal des fabricants de sucre*, 3 avril 1878.

(2) Depuis elle a installé un comptoir à la Guadeloupe, à Maurice et à la Réunion. Elle a également pénétré aux Antilles espagnoles Le jour ne peut être éloigné où nous la verrons appliquer directement ses méthodes de fertilisation dans les colonies; on peut, croyons-nous, lui prédire un succès égal à celui qu'elle a déjà obtenu en France par ces mêmes méthodes.

(*Journal des fabricants de sucre*. Octobre 1879.)

avec une scrupuleuse exactitude et livrées aux acheteurs dans un état de solubilité très avancé et avec un dosage garanti. MM. Coquerel et Ce n'ont pas d'intermédiaires ; ils tiennent à livrer leurs engrais directement et en sacs munis du plomb portant leur marque. C'est la meilleure des garanties.

L'installation de l'outillage et du matériel réunit toutes les conditions requises pour fabriquer avec perfection et économie de temps. Le moulin à phosphate réduit en poudre fine les nodules les plus durs,et les transmet par une chaîne à godets au broyeur mélangeur,d'où ils passent dans le bain d'acide sulfurique, qui les transforme en superphosphates. L'acide arrive dans les appareils par des conduits de plomb, sans que les ouvriers soient exposés à y toucher. Les monte-charges, les rails pour transports, réduisent les manutentions aux moindres frais. Les matières animales sont dissoutes par un bain d'acide chauffé qui les convertit en matières liquides puis cristallisées. Cent cinquante ouvriers manipulent et préparent ainsi environ 80 000 kilogrammes par jour.

Reste à signaler un produit qui nous semble appelé à un grand avenir, les tourteaux de matières fécales. M. Coquerel a découvert un moyen inappréciable de désinfecter immédiatement les matières fécales, et d'en séparer les matières liquides en laissant l'azote et l'acide phosphorique dans la partie solide. Celle-ci, nous l'avons vu, est immédiatement soumise à des filtres-presses qui la rendent en forme de tourteaux secs, parfaitement inodores, dont le transport et l'emploi ne provoquent aucune répugnance, et dosant 3 pour cent d'azote, 7 à 8 d'acide phosphorique avec 3 de potasse et de magnésie et 60 pour cent de matières organiques ; le tout entre sans peine en dissolution lorsqu'on l'a mêlé au sol.

La désinfection est tellement subite et complète qu'on ne se douterait pas, en entrant dans cet atelier, de quel produit il s'agit. Cet engrais de premier ordre est livré au prix de 15 francs le quintal.

Le laboratoire de chimie, placé au centre de l'usine, est toujours en activité ; aucun produit n'est livré sans une analyse qui en donne le dosage garanti.

La composition des engrais de MM. Coquerel et Ce est variée, même dans les matières premières qui les constituent, d'après les besoins des sols où on les emploie et des plantes qui doivent les absorber. Tous ces engrais sont soumis à des expériences comparatives qui mettent en lumière leur valeur réelle.

C'est à la lumière de ces expériences qu'ils ont classé leurs engrais, non seulement d'après les plantes auxquelles on les destine, mais aussi d'après la nature des sols qui doivent les recevoir.

On s'explique par ces faits le rapide succès de la maison Coquerel et Ce et la confiance dont l'honorent les cultivateurs.

L'organisation des ateliers est un autre titre qui la recommande aux ruraux. Dans cette usine modèle, la fraternité chrétienne n'est pas un vain mot. Les patrons portent la blouse comme les ouvriers. Le réfectoire offre à ceux-ci une nourriture saine et économique, dans un repas toujours présidé par un des patrons et précédé du bénédicité. Le Christ appendu au mur enseigne la loi commune sous laquelle se plaisent à vivre les patrons, les ouvriers et les apprentis pour réaliser l'idéal de la fraternité entre le capital et le travail.

On conçoit les haines qui poursuivent la maison Coquerel et Ce; ces haines ont eu leur écho à l'exposition ; elles expliquent l'absence de MM. Coquerel et Ce sur la liste des lauréats de leur spécialité. Mais la liste des agriculteurs qui se félicitent de leurs engrais relève avec éclat les honorables fabricants de l'invalidation ridicule dont on les a frappés.

Remarquons en passant que ce déni de justice a frappé M. Barral lui-même, dont le témoignage n'est pas sujet à caution. « Cette industrie, dit-il, mérite d'être encouragée

en meilleure connaissance de cause que cela n'a été fait dans une circonstance solennelle, l'exposition de 1878 (1). »

Voilà comment le rationalisme, qui nous accuse d'intolérance, encourage le progrès social par la science et la moralisation. Il serait cependant difficile de rencontrer dans toute la France républicaine un milieu où les principes d'égalité et de fraternité soient plus sérieusement mis en pratique.

Dernièrement l'un des rédacteurs du journal *la Défense*, M. Émile Maury, résumait ainsi ses impressions, à la suite d'une visite à l'usine de Clichy :

« Outre que l'ouvrier reçoit un salaire dont il est satisfait pour un travail qui lui est assuré, — outre qu'il a la sécurité et la certitude du lendemain, il n'est pas isolé : il sent et il sait qu'on s'intéresse à lui, qu'on veille sur lui.

» La sollicitude du directeur le suit au delà de l'usine, jusqu'à son foyer, pour l'encourager, l'aider et le soutenir, s'il en a besoin.

» Parmi ces travailleurs, quelques-uns ne sont pas mariés. Obligés de vivre à l'auberge où souvent ils sont mal, ils peuvent y être sollicités par des suggestions mauvaises et exposés à y dissiper leur gain.

» L'honorable directeur s'est rendu compte de ce danger, et cherche à les y soustraire, en leur donnant une maison où bientôt ils seront chez eux et trouveront les soins et les délassements nécessaires, après la journée.

» Quelle excellente pensée ! Elle montre bien que sa charité a su tout prévoir et s'étend à tout.

» Elle s'étend jusque sur des misères dont il n'a pas charge, misères de toute nature.

» Il recueille les orphelins et les envoie dans des fermes que possède la société et où le même esprit préside à la direction. Là, ils se forment au travail en même temps qu'aux devoirs de la vie.

(1) *Journal de l'Agriculture*, 23 novembre 1878.

» Il recueille les prisonniers libérés et s'applique à les réhabiliter. Nous pourrions citer des traits touchants du retour au bien, sous l'influence de la charité chrétienne, d'individus condamnés à vivre en parias et qui peut-être eussent été de dangereux criminels !

» Il recueille en un mot tous les malheureux, quels qu'ils soient. Sa porte est hospitalière à toutes les détresses et sa main toujours prête à donner aux œuvres de moralisation et de bienfaisance.

» Mais je n'ai pas le droit d'insister. J'en ai assez dit pour que le lecteur ait une idée de ce dont j'ai été témoin dans cet établissement, où tout, le travail et les affaires, étant placé sous le regard de Dieu, tout doit être dans l'ordre et l'harmonie.

» En réalité, c'est bien là une grande et véritable famille que ce patron, ces employés et ouvriers, animés des mêmes sentiments et les manifestant autour d'eux, sans ostentation comme sans faiblesse, dans un milieu très hostile aux catholiques.

» Nous sommes en effet, ici, en plein foyer démagogique.

» Un conseil municipal d'un radicalisme échevelé règne à l'hôtel de ville et, à chaque scrutin, des électeurs se ruent pour acclamer des communards. Nous sommes à Clichy, et c'est tout dire, sur ce boulevard qui naguère encore portait le nom du grand bienfaiteur des pauvres, du doux et héroïque Vincent de Paul, qui précisément fut curé de la paroisse. Nom glorieux et, à ce titre spécial, encore plus vénéré, que la rage stupide d'une édilité jacobine a rayé des murailles.

» L'exemple donné par le personnel de cette Compagnie en est d'autant plus méritoire !

» Pourquoi n'en nommerai-je pas le directeur ?

» Sans avoir l'avantage de connaître M. Coquerel, à qui reviennent tout le mérite et tout l'honneur de ce que j'ai raconté, et même avec la certitude de blesser sa modestie, je prends la liberté d'écrire son nom ; il est juste qu'il soit

encouragé et récompensé par la sympathie de tous les honnêtes gens. »

Aujourd'hui les fermes dont la Compagnie de fertilisation a entrepris la culture sont au nombre de 18, représentant une surface de 2016 hectares. La compagnie est propriétaire de sept de ces fermes d'une contenance totale de 1025 hectares.

En voici la désignation sommaire :

Fermes	Superficie	Communes	Département
	En location.		
1 St-Quentin	100 hect.	Gionges	Marne.
2 Souriette 3 Jubercy 4 Argensolles	153,2935	Gionges	Marne.
5 Commercy	74,93	Gionges	Marne.
6 Rouge-Maison	137,50	Grauves Gionges	Marne. Marne.
7 Moslins 8 Seuillons	200	Moslins	Marne.
9 Montbélair	125	St-Benoît	Aube.
10 St-Louis 11 Champ Marolles	200	Poligny Trensy	S. et M.
	En propriété.		
12 du Gallois	262	Villemer	S. et M.
13 Mazagran	100	Villemer	S. et M.
14 Basse plaine	64	Villemer	S. et M.
15 Bois d'Ève	65	Villemer	S. et M.
16 de la Gatellerie	75	Châtelet	S. et M.
17 des Patis	59	Baizil	Marne.
18 Alger	400	Vaudemange	Marne.

Ce qui fait, en propriété 1025, en location 990,7235.

Huit de ces fermes situées dans la Marne sont placées sous la direction de M. Mousseaux et représentent une surface de près de 675 hectares. Pour ces exploitations, sauf pour celle de Saint-Quentin, l'entrée en jouissance n'a

eu lieu qu'au commencement de cette année et, pour la plupart, à une époque tardive.

Cependant, malgré cette situation défavorable, les récoltes produiront 100 000 francs cette année, en prenant une base d'estimation inférieure de 10 p. c. à celle de l'année dernière. On sait que la récolte, en 1879, n'a pas été brillante : on est donc fondé à croire que l'estimation ci-dessus est un minimum.

Il faut y ajouter le produit de quelques cultures spéciales : betteraves, racines, fourrages, etc.; enfin la création des prairies va commencer cette année même sur toutes les exploitations. Ainsi toute cette surface sera soumise au mode spécial de culture de la Compagnie dès la fin de la présente année. A cette époque il sera facile d'en établir les résultats futurs d'une manière indiscutable.

Bornons-nous à indiquer pour le moment l'avantage considérable que présente la création des prairies.

Les frais de cette création sont couverts dès la deuxième année, et à partir de cette époque le rapport est considérable; ce qui ressort des chiffres suivants :

		Dépenses	Recettes
Première année			
Location	40	590	
Labours	150		
Engrais et frais divers	400		
Récolte 8000 kil. ou 1600 bottes à 40 c.			640
La prairie une fois créée coûte			
Engrais	200	290	
Frais de location	90		
Produit 1600 bottes de foin			640
		880	1280

Bénéfice 400 fr., soit par hectare et par an 200 fr.

La propriété Le Gallois dont nous avons parlé, donne aujourd'hui un bénéfice de plus de 18 p. c. du capital engagé.

Les terres peuvent produire 25 à 30 hectolitres de blé par hectare et conviennent à toutes les cultures.

Voici ce que coûte la récolte d'un hectare de blé :

Intérêts du capital immeuble	fr. 6,75
Semence	45
Labours	80
Engrais	300
Récolte et battage	70
Impôts divers, etc.	20
	521,75

La récolte s'est élevée cette année à :

25 hectol. de blé à fr. 22	550
Paille 400 bottes à 0,25	100
	650
Si nous déduisons les frais	521,75
Il reste par hectare, bénéfice	128,25

Toutes les autres cultures donnent au moins le même bénéfice ; les prairies et les cultures de pommes de terre sont les plus avantageuses.

Un pareil résultat, dit M. Devuns, peut sembler extraordinaire, impossible, parce qu'on a l'habitude de considérer l'agriculture comme une mauvaise opération, c'est-à-dire comme une entreprise ne donnant que 3 p. c. de rente aux capitaux engagés. Cela n'est malheureusement que trop vrai dans un grand nombre d'exploitations, et il suffira d'en indiquer les causes pour démontrer qu'il n'en est pas de même dans les opérations agricoles de la Compagnie de fertilisation.

La première de ces causes qui maintiennent l'agriculture dans un état d'infériorité vis-à-vis des autres industries, c'est le prix beaucoup trop élevé des terres, qui grève l'entreprise agricole d'un intérêt trop lourd et ne lui laisse pas assez de fonds de roulement.

La deuxième cause c'est le manque de capitaux qui empêche le fermier de se servir des machines pour diminuer le

prix de la main-d'œuvre, et d'acquérir les engrais artificiels pour supprimer la jachère et obtenir de forts rendements. Une récolte de 10 hectolitres de blé ne paie pas les frais de culture, et comment obtenir davantage si l'on n'a pas de fumier ? Comment produire du fumier si l'on n'a pas d'engrais pour faire pousser des fourrages ? Il n'y a pas d'issue. Aussi voyons-nous beaucoup de cultivateurs vivre au jour le jour avec de petites récoltes , tandis que ceux qui font de la culture industrielle, qui ont supprimé la jachère, qui emploient des engrais achetés au dehors, ceux, en un mot, qui ont un capital suffisant, obtiennent de leurs terres de remarquables récoltes.

La Compagnie de fertilisation est dans une situation meilleure encore que ces agriculteurs favorisés dont nous parlons. En effet, les terres qu'elle cultive lui ont coûté beaucoup moins que celles qui produisent de si beaux résultats, et les récoltes qu'elle en tire sont aussi abondantes. Elle paie les terres depuis 112 francs jusqu'à 600 francs l'hectare : elle en loue de 20 francs à 40 francs, et elle en obtient 25 à 30 hectolitres de blé, 40 hectolitres d'avoine, 40 000 kil. de betteraves, 10 à 15 000 kil. de pommes de terre, 1500 bottes de foin, etc. Ces rendements ne sont-ils pas ceux des terres que dans la Brie, la Normandie ou les départements du Nord, on paierait de 2000 à 5000 francs l'hectare.

Telle sera cependant la valeur atteinte par ces exploitations; au bout de deux ou trois ans, elle aura décuplé.

Nous partageons complètement la manière de voir de M. Devuns en ce qui concerne la continuité de l'action des engrais chimiques. Il n'est plus possible de nier leur supériorité sur le fumier employé exclusivement; mais on déclare, sans fournir aucune preuve sérieuse à l'appui, que le sol sera complètement épuisé au bout de quelques années et que, l'humus ayant disparu, on ne saurait, avec les produits chimiques, maintenir la fertilité de la terre.

La société n'a pas à démontrer le principe de la doctrine des engrais chimiques, elle fait de l'industrie et non de la science : elle ne repousse pas le fumier et s'attache au contraire à en faire partout où elle a avantage à faire consommer sur place les pailles et les foins (1). Mais l'expérience lui a prouvé qu'il est insuffisant, et qu'on peut s'en passer dans beaucoup de cas. Elle remplace alors la matière organique du fumier par l'enfouissement périodique des fourrages verts, et prévient ainsi les inconvénients signalés par MM. Ladureau et Grandeau.

En effet, d'après le savant directeur de la Station agronomique du Nord, quelques cultivateurs émerveillés des résultats qu'ils voyaient acquis par leurs voisins, au moyen de certains engrais chimiques, tels que le nitrate de soude et le sulfate d'ammoniaque, que ceux-ci employaient au printemps, comme complément à une demi-fumure de fumier de ferme, ont pensé pouvoir remplacer ce dernier par une dose plus élevée de ces produits. Le résultat qu'ils ont obtenu fut d'abord une récolte abondante en betteraves ou en blé ; mais les betteraves, surtout celles fumées exclusivement avec du nitrate de soude, étaient de mauvaise qualité, et furent refusées par les fabricants de sucre, ou acceptées avec des tares considérables ; le blé versa avec plus de facilité que celui cultivé avec du fumier ou des engrais complets ; chose beaucoup plus grave, leurs terres subirent par suite de l'emploi de ces engrais, une modification profonde qui se fit sentir durant plusieurs années, et à laquelle on ne put que très difficilement remédier. Cette modification consiste en ce que, la matière humique étant complètement brûlée, l'argile, le sable et les substances minérales proprement dites s'agglomérèrent sous l'influence des pluies d'hiver ; le sol se tassa, devint blanchâtre et presque complètement imperméable à l'air, à l'eau et à la lumière.

(1) On sait que les anciens baux interdisaient la vente des pailles et des foins, et que l'analyse chimique a révélé depuis qu'ils enlèvent au sol des quantités considérables de principes fertilisants.

Les champs ainsi maltraités avaient l'apparence et la dureté de la pierre, il fallait presque les travailler à la pioche. Des cultivateurs qui avaient eu ce désagrément chez eux, ont avoué que plusieurs années de soins, de travaux et de dépenses assez élevées en fumiers et autres engrais organiques, n'avaient pu remettre complètement leurs terres dans leur état primitif.

Il est nécessaire, dit M. Ladureau, pour obtenir des engrais chimiques leur maximum d'effet utile, de ne les employer qu'avec discernement, et nous ne croyons à leur complète réussite qu'entre les mains des cultivateurs intelligents et suffisamment instruits pour connaître les besoins de leurs terres et des cultures qu'ils leur confient. Certains sols sont presque dépourvus d'acide phosphorique, d'autres manquent de potasse, d'autres de magnésie; sur presque tous, l'adjonction d'une certaine quantité d'azote a pour effet d'augmenter le rendement cultural; mais il faut éviter de faire au sol des avances trop considérables d'un de ces éléments, s'il n'en a pas besoin surtout.

Les recherches de M. Grandeau sur les terres noires de Russie, qui produisent sans engrais, depuis tant d'années, des récoltes de céréales magnifiques, l'ont conduit à affirmer qu'il existe une dépendance absolue entre la proportion des matières noires solubles de l'humus et la fertilité des terres : cette fertilité croît proportionnellement à la richesse de la matière noire en substances minérales. La fonction de l'humus ne se bornerait donc pas à régulariser la circulation de l'air et de l'eau, et la dissolution des sels fertilisants par le dégagement constant d'acide carbonique.

Après avoir mis en lumière les propriétés endosmotiques de la matière noire, M. Grandeau s'est attaché à démontrer ensuite, par la comparaison du rendement annuel de différents sols, que la pratique agricole confirme les prévisions de la science, c'est-à-dire que les terres les plus ri-

ches en acide phosphorique, par exemple, donnent des rendements inférieurs à ceux qui contiennent ce principe nutritif en moindre quantité, mais incorporé à la matière noire de l'humus qui favorise la conservation, la diffusion et l'absorption des sels fertilisants par les racines.

Il existe des sols très riches en sels fertilisants qui, ne contenant pas d'humus, se refusent obstinément à porter certaines récoltes, comme le trèfle et le navet, en dépit de la restitution la plus intensive des dominantes et autres principes minéraux. Ces faits prouvent à l'évidence qu'en matière de culture, comme en matière d'élevage, il ne suffit pas de tenir compte des conditions chimiques qui règlent l'alimentation, mais qu'il importe également d'étudier les forces physiques qui président à l'absorption.

Or, la première de ces forces, la plus importante de toutes, c'est l'*endosmose*, en vertu de laquelle les matières cristallines dissoutes pénètrent et se fixent dans les corps gélatineux du sol, comme l'argile et l'humus, pour pénétrer ensuite sous l'action de l'eau à travers les membranes végétales des racines (1).

Par l'enfouissement périodique de fourrages verts, on obtient des quantités considérables d'humus qui n'ont pas exigé autre chose qu'un peu d'engrais, et certainement beaucoup moins de main-d'œuvre que la confection d'une quantité équivalente de fumier.

Il ne faut pas croire que ces besoins d'humus soient impérieux et qu'il faille y subvenir fréquemment; ce serait une coûteuse obligation. C'est au contraire une opération qui

(1) V. dans les *Annales de la Société scientifique*, 4e année, notre étude sur le pouvoir absorbant des sols arables et des racines. — Depuis lors, M. Ed. Heiden (*Manuel des études de l'engrais*, 1880), a critiqué comme nous la thèse absolue qui consiste à soutenir la nécessité de l'humus pour transformer les éléments minéraux du sol en principes solubles et assimilables par les plantes. M. Heiden fait remarquer que les eaux ammoniacales dissolvent ces bases comme l'humus; il en est de même pour la silice et l'acide phosphorique; ses expériences l'amènent à conclure que les corps humiques ne sont point les véhicules des matériaux nutritifs de la plante.

ne se renouvelle qu'à des intervalles de quelques années. Nous avons vu que MM. Lawes et Gilbert ont démontré d'ailleurs d'une façon péremptoire que l'on peut cultiver indéfiniment les céréales dans certains sols, sans s'inquiéter de la restitution de l'humus. A Saint-Quentin, M. Mousseaux cultive sur le même sol depuis 1873 une plante considérée comme très épuisante, la betterave à sucre : depuis 1874, le champ qui donne chaque année une récolte de 35 000 à 42 000 kil. de racines n'a pas reçu autre chose que des engrais chimiques ; il ne s'est pas appauvri puisque les rendements se maintiennent, et le besoin d'humus ne s'est fait sentir par aucun symptôme.

M. Devuns rappelle à ce propos que M. Prout cultive depuis 1871 les fermes de Blount et de Sweetdew près de Harlow, d'une contenance de 180 hectares, au moyen des engrais chimiques à l'exclusion du fumier. En effet, il n'a pas d'animaux et vend ses récoltes sur pied, pailles et grains. Voilà une méthode de culture qui paraîtra insensée aux yeux de bien des agriculteurs, mais il faut considérer le résultat, et l'on reconnaît qu'il est des plus satisfaisants. M. Prout réalise un bénéfice moyen de fr. 115 par hectare, tout en payant un loyer assez élevé de 125 francs.

M. Middleditch, à Blundsdon, près Swindon, suit la même voie depuis 1876, et tire de sa terre un bénéfice de 167 fr. par hectare dans les mêmes conditions.

Voici les chiffres des produits des ventes de blé par hectare dans les deux exploitations :

Chez M. Prout, en	1868	919 fr.	par hect.
	1869	896	—
	1870	949	—
	1871	935	—
	1872	689	—
	1873	652	—
	1874	680	—
Chez M. Middleditch, en	1872	845	—
	1873	875	—
	1874	1062	—

Ces résultats parfaitement constatés n'ont rien qui doive surprendre quand on sait que ces intelligents agriculteurs emploient la vapeur pour labourer leurs terres et dépensent jusqu'à 150 et 180 fr. d'engrais artificiels par hectare.

Les efforts tentés par la Compagnie de fertilisation viennent de recevoir dernièrement une consécration, officielle en quelque sorte, de la science agronomique. Le 5 juillet dernier se présentait sur les exploitations agricoles de cette compagnie, situées dans l'arrondissement d'Épernay, l'Institut national agronomique, ayant à sa tête son éminent directeur, M. Eugène Risler, et plusieurs de ses célèbres professeurs. M. Vimont, président du comice d'Épernay, et le chef de l'armée de défense des vignobles de Champagne contre l'invasion du phylloxéra ; M. Kirgener de Planta, professeur départemental d'agriculture, M. Gaston Chaudon, M. Moreau, etc., s'étaient joints à cette savante expédition.

« La caravane, dit le *Moniteur des consulats*, s'est mise immédiatement en devoir de visiter les champs cultivés par la Compagnie ; elle a parcouru successivement les fermes des Moslins, des Seuillons, a jeté un rapide regard sur l'immense plateau occupé par les fermes d'Argensolles, de Souriette, de Jubercy, de Commercy, de Rouge-Maison, et s'est arrêtée longuement sur la ferme de Saint-Quentin, qu'habite le chef habile de la culture de ce vaste ensemble.

» Cette visite présentait le spectacle le plus intéressant qui se puisse imaginer. Représentez-vous, par un soleil splendide un champ de 300 à 400 hectares tout couvert d'une végétation plantureuse à l'envi. Les blés sont épais, élevés, unis à leur surface comme si toutes les tiges avaient été mécaniquement mesurées, garnis d'épis longs et serrés, ils sont d'un beau vert foncé qui atteste leur vigueur et l'excellence de leur alimentation. Les avoines élèvent leurs aigrettes pressées et entrelacées les unes dans les autres

avec une identité de hauteur qui leur donne l'apparence d'un splendide gazon. Çà et là des prairies de graminées semées de l'automne dernière en sont déjà à leur deuxième coupe de 30 à 40 centimètres de hauteur, après en avoir donné une première de plus d'un mètre, comme en témoignent les cônes qui ont été laissés de distance en distance comme on fait dans les terassements de Paris pour faciliter le cubage des travaux de nivellement ou de fouilles. — Et à côté de ces magnificences s'étendent des champs appartenant à des voisins qui s'en tiennent hélas! à la routine et qui ne se sont point encore rendus à la nécessité d'employer les engrais chimiques. C'est un contraste des plus significatifs; les épis sont maigres, rares, et les tiges inégales atteignent à peine la hauteur de celles des champs de la Compagnie.

» Dans cet examen des cultures comparées dont le tableau s'offrait à l'Institut national agronomique, rien n'était satisfaisant comme l'attitude des élèves; on les voyait attentifs aux observations de leurs illustres maîtres; attentifs aussi aux explications qui leur étaient données par les représentants de la Compagnie de fertilisation. Tous avaient leur calepin à la main et notaient soigneusement les remarques qui s'échangeaient de part et d'autre. Quelles espérances cette jeunesse studieuse, grave et sérieuse, ne nous donne-t-elle pas pour l'avenir agricole et économique de la France! Nous nous croyions un instant transportés dans une de ces régions de la Grande-Bretagne où les fils de famille se préparent par un travail incessant et extraordinaire, à porter bientôt le fardeau d'une grande fortune et d'une grande illustration patrimoniale. Puissent ces espérances se réaliser et restituer ainsi à notre bien-aimée patrie cette prépondérance des hommes du pays, de ces hommes de la terre, de ces hommes destinés à nous défendre de la concurrence ruineuse de l'étranger et à nous restituer la primauté que nous avions jadis dans les voies pacifiques de la civilisation. »

Qu'il nous soit permis d'exprimer ici des vœux identiques à l'occasion de la création récente de l'Institut agronomique de Louvain fondé, chacun le sait, sur les mêmes bases que l'Institut agronomique de Paris. En Belgique comme en France cette institution répond à une nécessité sociale que les dernières péripéties de la crise agricole nous font plus vivement sentir. Ce n'est qu'en opposant les armes perfectionnées de la science à une invasion d'un nouveau genre, que les États européens peuvent soutenir victorieusement la guerre avec l'Amérique sur le terrain économique.

« Une table avait été dressée dans la ferme de Saint-Quentin et près de quatre-vingts convives y prenaient place. Plusieurs propriétaires voisins étaient venus se joindre, par un sentiment de sympathie et d'approbation désintéressée, à ces agapes confraternelles. La plus grande cordialité y a présidé, et malgré quelques lances rompues en faveur de la protection par les uns et du libre échange par les autres, la joie la plus vive n'a cessé de régner dans cette nombreuse assemblée. Au dessert, l'honorable M. Risler, au nom de l'Institut national agronomique, a porté dans les termes les plus bienveillants, un toast chaleureux à la Compagnie de fertilisation qui était la première à réaliser et à mettre en pratique le desideratum de l'agriculture française, et il a annoncé qu'il se ferait un plaisir de faire connaître au prochain conseil supérieur de l'instruction publique, dont il fait partie, les résultats remarquables dont il venait d'être le témoin. »

Nous avons appris depuis lors que la Compagnie de fertilisation, par l'intermédiaire de quelques personnes actives et éclairées avec lesquelles elle s'est mise en rapport, compte faire profiter la Belgique de ses études et de ses expériences. Deux circonstances particulièrement favorables lui permettent, nous assure-t-on, de réaliser ce programme. C'est d'abord un traité avec la ville de Paris pour l'exploitation de l'immense dépôt de matières fécales

de Bondy; c'est en second lieu un large crédit ouvert par un établissement financier de Paris.

Nous croyons avoir suffisamment démontré que la Compagnie de fertilisation a résolu ce difficile problème : gagner de l'argent en substituant la culture rationnelle et scientifique à la culture empirique qui marche au hasard, et se voit forcée de désarmer devant l'invasion étrangère.

Les divers engrais fabriqués par MM. Coquerel et Cie sont composés, suivant les principes de la doctrine de la restitution, c'est-à-dire, qu'ils visent à restituer au sol dans des proportions variant avec la nature des récoltes, les éléments minéraux révélés par l'analyse chimique des cendres. En voici la nomenclature, d'après les directeurs de la fabrique, avec la composition, le prix et l'indication des quantités conseillées par hectare :

Culture des Céréales : 1° Phospho-guano.

Azote	3 à 4 p. c.
Acide phosphorique	12 à 13 p. c.

Prix 30 fr. les 100 kilog. — 600 à 700 kilog. à l'hectare (1).

250 kil. de cet engrais associés à une demi-fumure, empêchent la verse dans les années humides, parce qu'ils restituent l'acide phosphorique qui constitue 60 p. c. des matières minérales du blé.

2° Phospho-guano surazoté (terres maigres).

Azote	5 à 6 p. c.
Acide phosphorique	8 à 9 p. c.

Prix 30 fr. les 100 kilog. — 600 à 700 kilog. à l'hectare,

ou 150 kil. en couverture au printemps pour relever la force végétative.

(1) Une récolte de 25 hectolitres de blé enlève au sol 56 kilog. d'azote, 27 d'acide phosphorique, 33 de potasse, mais il ne faut compter que 41 d'azote, 16 d'acide phosphorique et 11 de potasse, si la paille revient à la terre.

3° Engrais dit chimique.

Azote	5,50 à 6 p. c
Acide phosphorique	7,50 à 8 p. c.

Prix 30 fr. les 100 kilog. — 600 à 700 kilog. à l'hectare, favorisent la restitution de l'azote au sous-sol.

Ces trois sortes d'engrais conviennent pour toute espèce de culture dans les terres riches en potasse ; leur teneur différente en azote permet de les employer sur les terrains plus ou moins dépourvus de cet élément; le troisième qui renferme une partie de son azote à l'état de nitrate doit être exclu des terres sablonneuses où ce sel est rapidement entraîné.

Pour les cultures à haut rendement, comme betteraves, maïs, vignes, pommes de terre, etc., les fabricants recommandent les engrais spéciaux dont le détail suit et qui, disent-ils, sont complets.

Engrais pour betteraves.

Azote	7 à 8 p. c.
Acide phosphorique	4 à 5 p. c.
Sels de potasse	10 à 12 p. c.

Prix 32 fr. les 100 kilog. — 800 à 1000 kilog. à l'hectare (1).

Pour la betterave à sucre, cet engrais est vendu sans nitrate, parce que les nitrates passent dans les jus et gênent la cristallisation comme le chlorure de sodium. La potasse s'y trouve néanmoins à l'état de chlorure, qui ne se localise pas dans les tissus comme les nitrates, mais se porte dans le collet et dans les feuilles éliminés dans la fabrication. Les quatre cinquièmes de l'azote sont à l'état de sulfate ammonique, le reste est de l'azote organique provenant des matières fécales, qui s'assimile dans la dernière période. De la sorte, l'engrais est absorbé complètement lorsque la plante atteint le maximum de richesse saccha-

(1) Une récolte de 45000 kilog. de betteraves à sucre enlève au sol 72 kilog. d'azote, 49 d'acide phosphorique, 180 de potasse.

rine et les sels ont le temps de se concentrer dans le collet, ce qui n'a pas lieu avec le fumier. L'engrais contient seulement des nitrates pour la betterave fourragère ou pour la consommation maraîchère, parce qu'ils activent énergiquement la végétation.

Engrais pour vignes et pommes de terre.

Azote	4 à 5 p. c.
Acide phosphorique	4 à 5 p c.
Sels de potasse	25 à 30 p. c.

Prix 32 fr. les 100 kilog. — 800 kilog. à l'hectare.

Convient très bien pour le provignage et pour restaurer les vignes épuisées ; s'applique également avec avantage à tous les arbres fruitiers, à raison de 125 grammes à 1 kil. suivant la grosseur. Prévient et combat efficacement le parasitisme (maladies des pommes de terre, oïdium).

Engrais pour lins et maïs.

Azote	3,50 à 4 p. c.
Acide phosphorique	9 à 9,50 p. c.
Sels de potasse	15 à 16 p. c.

Prix 32 fr. les 100 kilog. — 600 à 800 kilog. à l'hectare

Prévient la rouille du lin, donne les hauts rendements pour le maïs à récolter en vert ; expériences de M. Ladureau, directeur de la Station agronomique du Nord (1).

Engrais pour prairies naturelles.

Azote	3 à 4 p. c.
Acide phosphorique	5 à 6 p. c.
Sels de potasse	6 à 8 p. c.
Chaux combinée	20 à 25 p. c.

Prix 22 fr. les 100 kilog. — 600 kilog. à l'hectare.

Cet engrais détruit les mousses, les joncs, les foins plats;

(1) Voir *Revue catholique*, décembre 1879 : Les sciences naturelles appliquées à l'agriculture.

sa composition le rend particulièrement propre à donner d'excellents pâturages après une première coupe, ou des regains abondants; élimine les légumineuses au profit des graminées; expériences de MM. Lawes et Gilbert (1).

Engrais incomplet pour prairies artificielles.

Azote	0,50	à 1	p. c.
Acide phosphorique	7	à 7,50	p. c.
Sels de potasse	15	à 16	p. c.
Chaux combinée	25	à 30	p. c.

Prix 22 fr. les 100 kilog. — 600 kilog. à l'hectare.

Cet engrais ne contient presque pas d'azote et ne s'applique qu'aux luzernes, aux sainfoins, etc., dans les terres peu calcaires.

La Compagnie livre également des engrais divers, sur commande et suivant la nature du sol pour champs d'expérience, tels que des superphosphates contenant de 10 à 20 pour cent d'acide phosphorique (prix suivant dosages) et des matières premières. — Phosphates précipités. Sels de potasse et ammoniacaux (prix suivant les cours).

En terminant, qu'il nous soit permis d'espérer que cet exemple ne sera pas stérile et que l'on verra bientôt se fonder dans tous les pays catholiques des colonies analogues sous la direction d'un enseignement agricole supérieur comme celui de Louvain. Quand la charité chrétienne tendra la main à la science pour rétablir l'équilibre social et ramener aux paisibles labeurs des champs l'ouvrier, égaré et démoralisé dans les villes, on verra diminuer aussitôt l'intensité de la crise économique. Cette crise est due surtout à l'émigration exagérée des campagnes vers les grands centres, comme le constatait récemment dans la *Revue des deux mondes* le statisticien Maurice Block. Nous ajouterons que la charité chrétienne, aidée de la science agricole, est capable, en ramenant la moralité et la

(1) *Journal de la Société centrale d'Agriculture de Belgique*, 1876, p. 263.

prospérité dans nos campagnes, de rétablir cet équilibre ; et nous venons d'en fournir la preuve.

La Compagnie de fertilisation constitue le véritable type d'une exploitation agricole moderne. En effet, une société de fertilisation doit avoir pour pivot une fabrique d'engrais chimiques, car la préparation de ces engrais à la ferme est irréalisable dans la pratique. Elle doit être dirigée par un chimiste qui analyse périodiquement le sol, et qui préside à la comptabilité agricole par l'analyse des engrais, des fourrages et des récoltes importés ou exportés. Ce n'est qu'en appliquant strictement et scientifiquement le principe de la division du travail que l'on peut espérer d'aboutir à des résultats sérieux, c'est-à-dire à des bénéfices. Si, pour ne parler que de la Belgique, les essais de fertilisation tentés jusqu'ici dans les landes de la Campine ont été le plus souvent ruineux et infructueux au point de vue agricole, c'est que les propriétaires travaillaient le plus souvent en aveugles, et maniaient d'une main malhabile les armes perfectionnées de la chimie et de la mécanique agricole. Beaucoup de gens blasés en ont conclu prématurément que l'industrie agricole n'est plus rémunératrice. La science leur a prouvé qu'ils se trompent en mettant elle-même la main à l'œuvre sur plusieurs points à la fois, et en couvrant en peu d'années les terres les plus pauvres des plus riches moissons. Devant cette preuve « expérimentale » de la fécondité de « la théorie », tout homme éclairé n'hésitera pas à confier à des ingénieurs agricoles la direction d'un domaine où l'empirisme ne peut que se consumer en stériles efforts.

A. Proost,

professeur à l'École d'agriculture
de l'Université catholique de Louvain.

LA GÉOGRAPHIE

DES

ANCIENS ÉGYPTIENS

I

Les anciens Égyptiens étaient un peuple extrêmement religieux. Chez eux la religion occupait partout la première place, et c'était sur les murs des temples que, comme dans un livre, ils inscrivaient toutes leurs connaissances. Toute l'ornementation fait voir que l'édifice sacré devait être le symbole de la relation intime qui existe entre la terre et le ciel.

A cet effet, ils ont choisi pour les plafonds des scènes ayant un rapport direct avec les phénomènes célestes ; on y voit des processions d'astres, des séries de divinités astronomiques naviguant sur les ondes du ciel, et enfin à l'époque romaine, des zodiaques empruntés à l'astrologie grecque.

Sur les murs de l'intérieur sont reproduites les grandes scènes religieuses et les panégyries, ces processions qui faisaient une des principales parties du culte. C'est encore là que l'on aperçoit le roi prosterné devant les dieux, tan-

tôt levant les mains en signe d'adoration, tantôt offrant l'encens ou le vin en action de grâces.

A l'extérieur le haut du mur est spécialement consacré au roi, tandis que les soubassements sont décorés de sujets en rapport direct avec la terre.

A cette place se déroule souvent une série de personnages portant des offrandes et accompagnés de légendes hiéroglyphiques.

L'explication de ces processions resta longtemps un mystère. En 1852, un égyptologue anglais, A. G. Harris, en donna la clef, et montra qu'elles ne sont autre chose que des listes géographiques, c'est-à-dire, des séries de *nomes* (provinces) de l'Égypte et de leurs divisions territoriales, ou de peuples et de pays étrangers, etc.

Chaque personnage porte, au-dessus de la tête, sur une espèce de support, un groupe hiéroglyphique donnant le nom de la province, de la ville, ou de la contrée dont ce personnage est le symbole ; le déterminatif démontre s'il s'agit d'une ville, d'une division du nome, d'un canal, d'une île ou d'un pays étranger.

On comprend l'importance de ces listes pour la géographie ; c'est avec leur aide que M. Henri Brugsch a pu reconstituer celle de l'ancienne Égypte.

L'idée de personnifier des localités par des processions d'individus date de l'Ancien Empire (1). Les tombeaux con-

(1) Comme il est souvent difficile de déterminer d'une manière assez exacte la dynastie à laquelle appartient un monument donné, les égyptologues ont adopté une division plus large et plus commode que celle des 34 dynasties, et ont classé celles-ci en quatre groupes. Le premier s'appelle l'*Ancien Empire* et va de Ménès, le premier roi, jusqu'à la Xe dynastie ; c'est l'époque des pyramides et des magnifiques tombeaux de Saqqara. Le *Moyen Empire* contient l'époque brillante des Ousortasen et des Amenemha de la XIIe dynastie, et la désastreuse invasion des rois Pasteurs. Le *Nouvel Empire* commence à l'expulsion de ceux-ci par Amosis, et finit à Alexandre le Grand. Après ce prince, sous les Ptolémées, on voit rapidement décliner l'écriture, la langue et tous les arts nationaux de l'Égypte. Aussi donne-t-on le nom de *basses époques* à cette période de décadence qui s'accentue de plus en plus sous les empereurs romains.

temporains des pyramides offrent des scènes analogues à ces processions de nomes et de villes. On y voit des séries d'hommes et de femmes apportant des offrandes au défunt. Longtemps on a cru y reconnaître de simples listes de serviteurs et d'esclaves ; mais une étude plus approfondie des noms de ces personnages et des déterminatifs qui les caractérisent, a fait voir qu'ils représentent, non les serviteurs, mais les propriétés mêmes du défunt en l'honneur duquel le tombeau a été élevé. Le simple particulier a fait dans son monument funèbre pour ses domaines, ce que le roi exécutait plus en grand dans les temples pour l'Égypte et les nations étrangères.

Si importantes que soient, pour la connaissance de l'histoire et de la géographie de l'Égypte, les listes de ces nomes et les détails qu'elles donnent, nous n'en parlerons pas davantage ici, notre but n'étant pas de donner une description géographique de la terre des pharaons, mais seulement d'exposer les notions que les Égyptiens avaient des pays et des peuples étrangers.

Nous venons de dire que le haut des murailles extérieures était spécialement consacré aux pharaons et à leurs actions d'éclat rapportées par eux à l'assistance et à la protection de la divinité. On y voit des revues de troupes, des batailles pleines de mouvement et rappelant les combats homériques, des sièges de villes et des marches triomphales, le tout accompagné de longues inscriptions en l'honneur du pharaon vainqueur.

Après la victoire, le roi traîne derrière lui, devant le dieu du temple, la foule des peuples vaincus et des villes conquises, représentés par des personnages symboliques, les bras liés derrière le dos et le corps couvert d'un bouclier crénelé où leur nom est inscrit ; souvent aussi c'est le dieu lui-même qui amène au roi les nations étrangères et les soumet à sa puissance.

Ces listes, qui contiennent souvent des centaines de noms, sont d'une haute importance pour la géographie primitive

de l'Afrique et de l'Asie occidentale. On les trouve à toutes les époques, depuis le commencement du Nouvel Empire jusqu'aux Ptolémées.

Les pays y sont divisés en deux groupes, ceux du sud et ceux du nord, et caractérisés les uns par le lotus, les autres par la fleur du papyrus. Les contrées situées à l'est et à l'ouest de l'Égypte sont rangées dans l'un de ces deux groupes, d'une manière assez arbitraire ; de là vient que souvent un même peuple figure, dans les diverses inscriptions, tantôt au sud et tantôt au nord.

Quelquefois cependant les noms sont classés d'après les quatre points cardinaux, sud, est, nord, ouest ; mais cela est extrêmement rare et n'arrive jamais dans les grandes listes ethniques.

On pourra se former une idée des sources abondantes que les monuments de l'Égypte nous offrent pour l'histoire et la géographie, si l'on ajoute à ces textes officiels, les papyrus historiques où l'on trouve souvent reproduites les inscriptions des temples, des récits de voyages, des lettres missives que les employés égyptiens à l'étranger écrivaient à leurs amis, des autobiographies tumulaires où certains hauts personnages rappellent ce qu'ils ont fait de remarquable et surtout les récompenses qu'ils ont obtenues pour leurs actes de bravoure.

Les Égyptiens, qui avaient coutume de figurer sous forme humaine les villes, les provinces et les pays, exprimaient également sous forme symbolique l'univers tout entier. Plusieurs collections égyptiennes, entre autres le musée de Leyde et la bibliothèque nationale de Paris conservent des dessins de ce genre.

On y voit la terre représentée par un personnage couché, à figure et barbe vertes, vêtu d'une robe étroitement serrée au corps et couverte de feuilles : c'est le dieu *Seb*, le plus ancien des dieux, celui qui préside à la terre. Le ciel est personnifié par la déesse *Pé*, dont le corps allongé forme voûte ; elle est bleue et parsemée d'étoiles. Deux barques naviguent

sur le dos du ciel — c'est l'expression égyptienne — l'une est celle du soleil levant (*Ra*), l'autre celle du soleil couchant (*Atoum*) que la bonne déesse de l'Occident (*Amenti*) s'apprête à recevoir dans ses bras. Au milieu du tableau on voit le dieu *Schou*, l'intelligence divine qui préside à l'équilibre de l'univers.

Les Égyptiens cependant n'avaient pas que ces représentations symboliques des villes et des pays ; on trouve parmi les trésors accumulés au musée de Turin un certain nombre de papyrus où sont tracés des plans plus ou moins soignés et, dans le nombre, des fragments de véritables cartes géographiques.

Gustave Seyffarth, égyptologue allemand, ayant remarqué, sur le plus grand, le cartouche de Séthos 1er, crut qu'il s'agissait là du tombeau de ce pharaon; Lepsius semble avoir été du même avis, car en publiant, en 1842, dans son choix de monuments égyptiens, un calque de ce papyrus, il l'intitula : « Grab des Koenigs Seti (Sethos) 1 auf einem altägyptischen Situationsplane von Biban el Moluk.»

Dix ans plus tard, en 1852, M. Birch, le savant conservateur du musée britannique, déchiffra les légendes de ce plan, et montra qu'il s'agit non d'un tombeau, mais du Pays des mines d'or, que diverses inscriptions placent dans la haute Égypte, près de la route qui conduit de Coptos à la mer Rouge.

M. Chabas a publié une réduction de cette carte en chromolithographie, avec les couleurs de l'original, et augmentée de deux fragments.

Cette carte, certes la plus ancienne qui existe, mesure, tout incomplète qu'elle est, 40 centimètres de haut, et a encore environ 46 centimètres de large ; elle représente une contrée montagneuse traversée par trois chemins parallèles courant de droite à gauche et reliés par un chemin de traverse assez tortueux. Les légendes nous apprennent que deux aboutissent à la mer. Celle-ci ne doit pas être très éloignée, car le troisième, nommé « Chemin de Tipa-

mat » (?) est couvert de coquillages; ce ne peut être que la mer Rouge dont les côtes abondent en coraux, en coquilles et en éponges, et qui se trouve à l'est du pays représenté. Comme d'après les indications des légendes la mer se trouve à gauche, il s'ensuit que la carte est orientée le sud en haut, contrairement à nos habitudes, mais conformément à l'usage des Égyptiens, qui donnent toujours la place d'honneur au midi et à l'occident.

Une légende générale nous apprend que « les montagnes d'où l'on apporte l'or sont coloriées sur ce plan en rouge,» et en effet elles sont teintées en cette couleur et portent en outre en divers endroits la légende « montagne d'or. »

Sur le chemin principal, celui du sud, se voit « le sanctuaire d'Amon dans la montagne sainte. » Il se compose de deux salles entourées de chambres plus petites. A côté du temple un chemin s'engage dans les montagnes, et plus loin, mais sur la grand'route, sont quatre « maisons de ..... où l'on ..... l'or. » Un peu plus bas se trouve une stèle du roi Séti Ier, ce qui démontre que nous avons affaire à un établissement fondé ou reconstitué par ce pharaon. A l'angle de l'espace limité par les chemins, on voit une citerne dans laquelle l'eau est figurée à l'ordinaire; le terrain avoisinant est teinté en noir, c'est de la terre cultivée et fertile grâce à la présence de l'eau. Au carrefour est un second puits plus petit, sans doute abandonné à l'usage des passants.

Il est à regretter que rien sur cette carte, probablement de l'époque de Séti Ier, ne nous indique le nom du pays qu'elle représente. Heureusement une autre carte exécutée de la même manière, mais dont les fragments sont trop petits et trop peu nombreux pour qu'il soit possible de la reconstituer, se trouve au même musée. Elle date du règne de Ramsès II et a été publiée par M. Lieblein, de Christiania. Elle permet de combler la lacune de la précédente. Les inscriptions qui y donnent le nom des terrains aurifères l'appellent « la montagne de Boukhen. » Or une stèle trouvée dans la vallée de Hammamat nous apprend que le

roi Ramsès IV a fait ce « monument d'un trône éternel dans *cette* montagne de Boukh...; » la lettre finale est illisible (1).

La vallée de Hammamat était bien connue dans les inscriptions pour les belles pierres que les pharaons y exploitaient et dont les carrières ont été retrouvées aujourd'hui ; mais jusqu'à présent on n'y avait pas encore rencontré de filons aurifères.

Il y a quelques années, le Khédive ayant appris, dans une conversation avec M. H. Brugsch, que les anciens Égyptiens exploitaient des métaux précieux dans la région située entre le Nil et la mer Rouge, chargea le général Stone-Pacha d'y faire faire des recherches, spécialement dans la vallée de Hammamat qui lui avait eté signalée. Ce ne fut qu'en 1874 que le gouvernement égyptien engagea à son service M. L. H. Mitchell, savant géologue et ingénieur des mines. Celui-ci fut bientôt chargé de l'expédition. Son rapport fut lu à une séance de la Société khédiviale de géographie, et figure *in extenso* dans le dernier Bulletin (nov. 1879) de cette compagnie. Nous en extrayons les détails suivants. Il a découvert deux centres principaux d'exploitation, l'un datant des Ptolémées et l'autre remontant jusqu'à l'époque de la deuxième dynastie. Dans le premier, à 8 kilomètres N.-E. de Hammamat, se trouvaient, au milieu de collines granitiques, les restes d'environ 2000 anciennes habitations construites en pierre, ainsi que de grands amas de poteries, de nombreux fragments de mortiers de granit, et d'autres engins ayant indubitablement servi à concasser et à pulvériser le quartz; on y voyait aussi amoncelées des milliers de tonnes de scories, à côté des restes des étangs où l'on avait lavé le minerai d'or ; puis il s'y rencontrait une quantité considérable de filons de quartz perçant les collines de granit, dont plusieurs avaient été exploités superficiellement, et d'autres à une grande profondeur. Il étudia en détail les travaux exécutés jadis dans

(1) Leps. *Denkm.* III, 223.

l'ancien Hammamat, explorant minutieusement tout puits et toute galerie exploités par les anciens Égyptiens, et il examina ainsi séparément 70 filons de quartz remués jadis par cette antique exploitation. Pendant ces recherches il découvrit les traces de l'autre ville des mineurs. Elle est située à 3 1/2 kilomètres de Hammamat sur la route actuelle de Kinneh à Cosseir. Il n'y rencontra point de murs ni de ruines d'habitations, mais vit dans la vallée des traces de huttes et des fragments des appareils dont on s'était servi pour pulvériser le quartz. Ces ruines sont situées tout proche d'une des plus grandes mines de la région, et les appareils sont d'un modèle différent, plus simple et plus primitif que ceux de l'autre exploitation.

Ajoutons que des échantillons de ce quartz aurifère ont été envoyés en Angleterre et en France, et que leur analyse a donné une valeur d'or de fr. 250 par tonne en chiffres ronds.

II

Une des premières questions qui se présentent lorsqu'on parle des connaissances géographiques des anciens Égyptiens, est celle des sources du Nil. Que savaient-ils de ce problème qui a préoccupé le monde savant depuis les temps les plus reculés?

Jusqu'à présent tout nous prouve que l'origine de leur fleuve leur est restée inconnue. Un passage du Rituel funéraire paraît le démontrer clairement.

Le 145e chapitre de ce livre hermétique décrit les pylônes qui donnent accès à la demeure d'Osiris dans les champs Élysées. Chacune de ces portes a son gardien dont le défunt est obligé de dire le nom mystique avant d'entrer. Celui de la treizième est une divinité à tête de crocodile, elle a la gueule ouverte et est armée d'un glaive; au-dessus du pylône se trouve la figure du Nil en sa double

forme de Nil du nord et du sud. L'explication qui y est jointe dit : « Le 13e pylône est celui dans lequel Isis étend les bras pour dévoiler le Nil et son mystère. » Ce texte nous apprend que les hommes ignoraient l'origine du fleuve sacré — son mystère — et que les dieux s'en étaient réservé la connaissance. Plus loin, dans l'invocation générale qui termine le chapitre, on parle encore du Nil qui naît dans l'obscurité, c'est-à-dire dans l'inconnu.

Cependant il existait en Égypte une ancienne tradition mythologique sur les sources du Nil. Hérodote (II, 28) et Sénèque (Nat. Quæst. IV, 2) en font mention. Le premier nous dit avoir appris d'un hiérogrammate du temple de Saïs que, « entre Syène dans la Thébaïde et Éléphantine, il y avait deux montagnes terminées en pointe et qui s'appelaient l'une Κρῶφι et l'autre Μῶφι. Les sources du Nil, qui sont de profonds abîmes, sortent de ces montagnes. Une moitié de l'eau coule en Égypte, vers le vent du nord, et l'autre moitié en Éthiopie, vers le vent du midi. »

Sénèque, après avoir dit que le débordement du Nil commence à l'île de Philæ, ajoute qu'assez loin de là s'élèvent deux rochers nommés par les indigènes les *veines du Nil* (1) et d'où les eaux sortent avec violence.

Le philosophe romain admet sérieusement ces détails, tandis qu'Hérodote croit à une plaisanterie de l'hiérogrammate (2). Ce n'en était pas une cependant, l'existence de ces deux trous était admise par les Égyptiens ; on les appelait *kerti* (3), et ce nom était aussi celui du *mer* — partie riveraine — du premier nome de la haute Égypte. Ce qui prouve que les *kerti* étaient censés fournir l'eau

(1) Lucain (Phars. x. 325) dit également :

Et scopuli placuit fluvii quos dicere venas.

(2) Οὗτος ἔμοιγε παίζειν ἐδόκεε.

(3) En copte DJOL, *foramen, cavea ;* on peut comparer aussi KROS, *circulus, annulus.*

en abondance, c'est un passage de l'inscription de Radesieh qui rapporte que l'eau afflua, à la citerne creusée par l'ordre de Séti Ier, « comme à l'abime des kerti d'Éléphantine. »

Après cette digression sur les sources du Nil, nous passons aux inscriptions géographiques des temples et aux listes des peuples que l'on y trouve.

Il n'existe plus qu'un seul temple de l'Ancien Empire, c'est celui du Sphinx, près des pyramides ; il est sans inscriptions. Nous ignorons si les autres sanctuaires de cette époque en avaient, et si leurs parois étaient déjà décorées de listes géographiques et de tableaux. Force nous est de chercher nos renseignements dans les inscriptions funéraires et sur d'autres monuments.

Nous y trouvons que, dès avant l'époque des pyramides, sous le règne du pharaon Snefrou, les Égyptiens avaient porté leurs armes victorieuses dans la presqu'île du Sinaï, où ils exploitaient des mines de cuivre et de topazes.

Du temps du roi Papi (Phiops), de la VIe dynastie, paraissent au nord-est de l'Égypte les Herousha. Ce peuple semble avoir été assez redoutable, car le pharaon réunit aussitôt plusieurs myriades de soldats. Il les rassembla de toutes les parties du pays, et mit en outre à contribution la terre de *Kousch* (l'Éthiopie) dont nous apprenons pour la première fois la soumission à l'Égypte. Tous les généraux et officiers, les employés civils même et les simples soldats furent employés à dresser ces nègres au métier des armes. Il ne fallut pas moins de cinq expéditions pour réduire les Herousha ; la dernière eut lieu par eau et pénétra jusqu'aux extrémités septentrionales du pays.

Sous la XIIe dynastie un Égyptien, nommé Sineha, s'enfuit de la cour du pharaon Amenemha Ier, et après avoir traversé l'isthme de Suez, s'engagea dans une région sans eau où il faillit mourir de soif ; il arriva enfin dans le pays d'Adouma, et de là dans le Tennou supérieur dont le roi l'avait appelé. Ce prince lui donna sa fille aînée en ma-

riage et lui assigna un domaine dans la meilleure partie de la contrée : c'était un district des plus fertiles nommé Aéa, abondant en lait et en miel, riche en oliviers et en vignes, et produisant, dit le texte, plus de vin que d'eau. A quelques-uns des traits de cette description, le lecteur aura certainement songé à la terre promise, dont Moïse parle en des termes presque identiques et d'où Josué et Caleb rapportèrent la fameuse grappe de raisins. D'après M. Chabas, Tennou correspondait vraisemblablement à la partie maritime de la Palestine, et le pays d'Aéa se trouvait dans le triangle formé par les villes d'Hébron, Ascalon et Jaffa. Pour ce qui est d'Adouma, la plupart des égyptologues y voient la terre d'Édom, occupée plus tard par les descendants d'Ésaü ; mais on pourrait aussi, ce me semble, l'identifier à Adama, l'une des cinq villes détruites par le feu du ciel en même temps que Sodome et Gomorrhe, et dont la ruine est postérieure au voyage de Sineha.

Après l'expulsion des Pasteurs, les monuments se multiplient ainsi que les détails qu'ils donnent sur les nations étrangères. De la Méditerranée à Gebel-Barkal, les deux rives du Nil sont ornées de temples ; des voies nouvelles sont ouvertes au commerce ; l'agriculture, l'industrie, les arts prennent un essor considérable. Les pharaons envoient dans l'Éthiopie des vice-rois comme gouverneurs généraux, et au nord ils mettent des garnisons jusqu'en Mésopotamie, aux bords du Tigre et de l'Euphrate.

C'est surtout de cette époque que datent les listes des peuples vaincus dont nous avons parlé plus haut. Il y en a de différents rois des XVIIIe et XIXe dynasties. Jusque dans ces derniers temps, les plus longues se trouvaient sur les monuments de Séti Ier et de son fils Ramsès II Meiamon; mais bien que gravées à des époques différentes, elles étaient comme stéréotypées et présentaient identiquement les mêmes noms, de sorte qu'il était impossible d'en conclure la date à laquelle ces peuples avaient été connus des Égyptiens.

Cet état de choses vient de changer. Il y a six ans, l'infatigable Mariette-bey a déterré à Karnak, sous les ruines d'un grand pylône, neuf nouvelles listes, qui se complètent les unes les autres. Elles sont du temps de Toutmès III et présentent ainsi l'avantage de fournir une date. Elles ne comprennent pas moins de 628 noms géographiques différents, dont 269 de localités situées au sud et 359 au nord de l'Égypte. Il y a une vingtaine d'années déjà, le même savant avait retrouvé d'autres listes du même roi, mais elles étaient beaucoup moins complètes et ne contenaient que 230 noms, dont une moitié appartient aux peuples du nord et l'autre à ceux du sud.

Le savant conservateur du musée de Boulaq a publié tous ces noms dans le grand ouvrage qu'il vient de consacrer à la description des ruines de Karnak. Il ne croit pas que dans l'état actuel de la science on puisse aborder avec fruit l'étude complète et raisonnée de la totalité de ces noms ; aussi n'en a-t-il traité qu'une partie dans son beau livre sur les *Listes géographiques des Pylônes de Karnak*, consacré exclusivement aux pays de Kousch, de Poun et du haut Routen, dont les deux premiers se trouvent au midi de l'Égypte et le troisième au nord.

Analysons rapidement, d'après les recherches des égyptologues et surtout d'après les derniers travaux de M. Mariette, les renseignements que les tableaux de Toutmès III nous ont laissés sur les connaissances géographiques de son époque.

La liste des peuples du midi se divise en quatre groupes. Le premier comprend le pays de Kousch (l'Éthiopie), et se compose de 47 noms. En tête on lit celui de la ville d'Adulis, connue par son inscription ; suivent six noms qui ont pu être identifiés soit à des iles, soit à des lieux peu éloignés de la mer ; ensuite, après les trois grandes divisions territoriales de l'Éthiopie, Barbaria, Tigré et Amara, les localités de l'intérieur du pays. Un grand nombre ont leur synonymie soit dans l'inscription d'Adulis, soit dans

l'Abyssinie actuelle. La dernière s'appelle Pa-Mou, littéralement, *l'Eau;* ce nom désignerait-il le lac Tzana, et Toutmès aurait-il voulu marquer le point extrême de ses conquêtes en Éthiopie?

Le deuxième groupe est celui de la terre de *Poun*. Ce nom connu déjà par d'autres textes, fut pris d'abord pour celui des Phéniciens (Pœni), mais cette opinion est abandonnée depuis longtemps, et M. Brugsch, qui l'avait émise, a été le premier à reconnaître dans Poun l'Arabie heureuse ou Yémen. En effet, d'après les textes hiéroglyphiques, ce pays était situé à l'est de l'Égypte, et on y parvenait en s'embarquant dans la mer Rouge. Tous les égyptologues adoptèrent l'identification proposée ; mais M. Mariette fait observer que l'époque où le savant allemand publia sa géographie est antérieure à la découverte des bas-reliefs historiques de Deir-el-Bahari, qui nous montrent la flotte envoyée par la reine Hatasou, prédécesseur de Toutmès III, pour explorer le pays de Poun. Nous y voyons que cette contrée produit des parfums, de l'or, du bois d'ébène et des aromates, qu'on en rapporte de grands singes cynocéphales, des panthères, des girafes, animaux inconnus en Arabie ; de plus les habitants ont la peau basanée, le nez saillant, les cheveux tantôt ondulés tantôt raides, et parmi eux se rencontrent des individus que les textes appellent les nègres de Poun.

De tous ces détails et de bien d'autres encore, M. Mariette croit pouvoir conclure que cette contrée correspond, non pas à l'Yémen, mais à la partie de l'Afrique qui s'étend du détroit de Bab-el-Mandeb au cap Guardafui et que les géographes anciens nommaient *Thurifera* ou *Cinnamofera regio*. C'est aujourd'hui le pays des Somâlis.

Ce pays est la limite assignée par les historiens grecs aux conquêtes de Sésostris, seul pharaon guerrier qu'ils connaissent et à qui ils attribuent celles de tous les autres rois d'Égypte. Strabon nous apprend qu'en deçà du cap Guardafui se trouvait un temple égyptien dédié à Isis; ses murs

étaient décorés de divinités à tête de chacal, d'où le nom d'aiguade des Cynocéphales donné à un étang voisin, et la croyance erronée qu'une peuplade d'hommes à têtes de chiens demeurait dans les environs.

Ajoutons que le nom de Poun n'a pas encore entièrement disparu dans ces parages; à quelque 65 kilomètres au sud du cap Guardafui, on rencontre le Ras Bounna auprès duquel l'antiquité connut la ville commerçante d'Opôné.

D'autres localités sont d'une identification également facile. Ainsi le nom d'*Aouhal* correspond exactement à celui de la capitale des Aualites (1), *Hebaou* est certainement le Habo des modernes, le Κόβη ἐμπόριον de Ptolémée ; et les deux Moundou, ville et île, ont pour correspondants *Mentou* et *Mboutou*. Si la synonymie de la plupart des autres lieux n'a pas encore pu être établie, c'est que la contrée est encore peu connue et qu'aucun Européen n'a pénétré à l'intérieur.

Aux peuples de Poun succède un troisième groupe de 29 localités ; elles appartiennent à la Libye, comme le fait voir le nom Tehennou, connu par d'autres inscriptions. Malheureusement les cartes modernes, non plus que les auteurs de l'antiquité, ne nous fournissent aucune indication qui puisse nous apprendre où ces localités étaient situées.— Il en est de même du quatrième groupe ; il nous donne des noms inconnus qui représentent probablement les contrées inexplorées s'étendant depuis Khartoum jusqu'à la région des lacs.

C'est seulement par les listes géographiques que nous connaissons l'étendue des conquêtes de Toutmès III dans le Midi ; nous avons des renseignements plus détaillés sur celles qu'il fit dans le Nord. Il entreprit en Asie treize ou quatorze expéditions, dont on trouve un récit assez complet dans l'inscription connue sous le nom de Table statistique de Karnak, ainsi appelée parce qu'elle relate surtout la

(1) Les Grecs, comme on sait, n'écrivent jamais l'aspiration au milieu des mots.

quantité du butin et des tributs levés sur les ennemis. L'autobiographie d'un des officiers de Toutmès et de son successeur, découverte dans les hypogées de Thèbes par M. Ebers, entre aussi dans des détails curieux sur ces diverses expéditions.

Les noms des peuples du nord se répartissent en deux séries. L'une comprend 119 localités et est répétée trois fois avec quelques variantes de peu d'importance ; l'autre de 240 noms ne nous est parvenue qu'en un seul exemplaire, et la place qu'elle occupe permet de conjecturer qu'elle a été ajoutée après coup à la première.

Celle-ci, d'après le titre qui s'y trouve joint, comprend les localités du haut Routen. C'est sous cette dénomination que les Égyptiens désignaient la Palestine, 260 ans avant Moïse ; on le voit aux noms des localités énumérées ; toutes celles que l'on a pu identifier se trouvent depuis Rehoboth au sud jusqu'à Damas et Beirout au nord. M. Mariette a établi la synonymie des deux tiers, et bien que toutes ses conjectures ne soient pas également heureuses, son travail est un des plus importants sur la topographie primitive de la terre sainte.

La seconde série nous transporte plus au nord ; rien n'indique si elle nous donne le résultat d'une seule campagne de Toutmès III, ou si elle résume ses diverses conquêtes dans ces contrées. Les noms y ont une forte teinte araméenne, et un grand nombre sont semblables à ceux que nous ont révélés les inscriptions cunéiformes. Il s'agit sans doute de la Mésopotamie, du Kourdistan, de l'Arménie, de quelques provinces de l'Asie mineure et de pays encore plus éloignés. Nous savons en effet qu'à cette époque les Égyptiens connaissaient les îles du grand Bassin (*ouat ouer*) et les peuples du grand Contour (*sen ouer*), le premier de ces noms désignant la mer Méditerranée et le second ses rivages.

Sous les faibles successeurs de Ramsès III commence le déclin de la puissance égyptienne. Sheshonk, le Sésac de

la Bible, put encore inscrire, il est vrai, sur les murs de Karnak, une longue liste de villes et de bourgades de la Palestine (1) que ses soldats occupèrent pendant la guerre qu'il fit à Roboam. Cette expédition resta sans résultat utile pour l'Égypte, dont les troupes furent repoussées quelques années après par le successeur de Roboam.

L'Égypte en proie à des dissensions intestines, devint bientôt une pomme de discorde entre les puissants rois de Ninive et un nouvel empire qui s'était élevé en Éthiopie. La période des grands faits d'armes est passée ; et si quelque pharaon inscrit encore sur un monument une liste géographique, il se contente de copier celles de ses glorieux prédécesseurs des XVIIIe et XIXe dynasties.

Dr Louis Delgeur.

(1) C'est parmi les noms de cette liste que Champollion trouva celui de *Jouhada-malk,* qu'il prit pour le portrait même du roi de Juda (Joudah Melek) Roboam. Depuis, la science a prouvé que les listes géographiques ne reproduisent jamais de figures personnelles, mais simplement des localités représentées par des prisonniers enchaînés.

L'HISTOIRE SCIENTIFIQUE

DE LA LANGUE FRANÇAISE.

On a reconnu depuis longtemps que le langage humain ne saurait rester stationnaire. Il y a déjà dix-neuf siècles qu'Horace comparait son renouvellement continu au rajeunissement annuel des forêts (1). Mais notre siècle est le premier qui ait sérieusement étudié ce phénomène social, et il l'a trouvé soumis à des lois fort peu capricieuses qui le font rentrer dans le domaine des sciences naturelles. La *Revue des questions scientifiques* a donc le droit de s'en occuper, d'autant plus que les procédés employés dans ces recherches, l'observation rigoureuse des faits, l'analyse patiente des grammaires et des dictionnaires, la comparaison des mots entre eux, soit en divers lieux, soit à diverses époques, rappellent à s'y méprendre les méthodes des laboratoires. Nous voudrions présenter à ses lecteurs un rapide aperçu de l'histoire naturelle de la langue française, telle qu'elle résulte aujourd'hui d'un demi-siècle

(1) Ut sylvæ foliis pronos mutantur in annos ;
Prima cadunt, ita verborum vetus interit ætas ;
Et juvenum ritu florent modo nata vigentque. *De Arte poetica.*

d'études scientifiques ; et nous en puiserons tous les éléments dans les beaux travaux des Diez, des Raynouard, des Scheler, des Brachet, des Littré, sans avoir la prétention d'y rien ajouter de nous-même. Tout ce qu'on va lire est tiré de leurs œuvres ; notre unique désir, en écrivant ces pages, est de contribuer à la vulgarisation de leurs découvertes.

I

Tout le monde sait que la création des langues néo-latines fut l'œuvre du peuple roman tout entier, de ce peuple qui parlait le latin vulgaire. Il occupait, au moment de la chute de l'empire, l'Italie et ses îles, la péninsule ibérique, c'est-à-dire l'Espagne et le Portugal, et enfin les Gaules (1). De là quatre langues de formation romane : la langue italienne, la langue espagnole, la langue portugaise, et enfin la langue française.

Nous ne voulons parler que de cette dernière.

M. Littré, dans un ouvrage tout récent, qu'il intitule modestement *Études et glanures*, pour faire suite à l'*Histoire de la langue française*, nous montre comment la vieille langue celtique ou gauloise absorbée par le latin fut refoulée, par la conquête, dans l'Armorique, et ne laissa en Gaule presque plus de traces, sous l'influence de la civilisation supérieure qu'y apportaient les Romains. Grâce au mode habile et violent de colonisation employé par les conquérants, la fusion des vainqueurs et des vaincus s'opéra rapidement et, moins d'un siècle après César, on parlait latin dans la Gaule. L'établissement du christianisme contribua aussi à l'extension de cette langue, qui est la mère de la nôtre, et nous aimons à cette occasion à relever en passant le témoignage de M. Littré sur les

(1) Cf. Littré. *Études et glanures*. Préface, p. III-IV.

écrivains ecclésiastiques qui contribuèrent, dans une large mesure, à assurer à la Gaule le premier rang dans l'ordre de la civilisation et de la langue. Aussi, tandis que le latin de l'Italie et de l'Espagne s'en va dégénérant et disparaissant presque complètement par l'invasion des barbares, la Gaule conserve plus fidèlement que les nations voisines l'héritage linguistique que lui ont apporté les vainqueurs. Elle garde la forme de la déclinaison, déclinaison à deux cas, il est vrai, alors que toute trace de déclinaison s'efface en Italie et en Espagne (1); mieux que toute autre elle conserve les consonnes et la figure des mots latins, et, en dépit du travail de décomposition de l'idiome roman, elle reforme une nouvelle langue et une nouvelle race sur les débris de la société ancienne.

L'empire de Charlemagne, en étendant la puissance et la civilisation de la Gaule, lui assura dès lors la prépondérance politique et littéraire sur l'Europe. La Gaule, à cette époque, réussit là même où avaient échoué les Romains ; elle subjugua la Germanie et lui imposa ses institutions et ses mœurs. De là, au moyen âge, la prééminence de notre langue et de notre littérature sur les autres idiomes de l'Europe. Ce fait glorieux pour nous est aujourd'hui solidement établi par la critique.

Mais, si le latin importé en Gaule par les soldats et les colons, s'y acclimata rapidement et supplanta dès le premier siècle de notre ère le celtique par toute la Gaule, à l'exception de l'Armorique et de quelques régions isolées, au point que les femmes et les enfants chantaient des chansons latines (2) et que, déjà au temps de Strabon, les Gaulois n'étaient plus considérés comme des barbares, il ne faudrait cependant pas croire que le latin employé par les vainqueurs ressemblât à la langue de Virgile et de Cicéron. Le latin vulgaire ou populaire se distinguait de l'idiome

(1) Cf. Littré. *Études et glanures*, Préface.
(2) Aug. Brachet, *Gramm. hist.*, Introduction, p. 19.

littéraire comme les lettrés et les patriciens se distinguaient des hommes du peuple. La scission entre les deux idiomes paraît remonter au temps de la deuxième guerre punique ; mais elle s'accentua davantage à l'époque de la conquête de la Grèce, qui absorba, suivant l'expression d'Horace, *son brutal vainqueur*, comme plus tard la Gaule devait absorber Rome elle-même.

L'importation des mœurs grecques, les habitudes raffinées, le goût des arts et des sciences, qu'il était de bon ton chez les patriciens de cultiver, introduisirent alors dans la langue romaine des mots comme φιλοσοφία, γεωγραφία, ἀμφιθέατρον, ἱππόδρομος, ἑξάμετρος, ἐφίππιον, qu'on y transporta presque sans changement (*philosophia*, *geographia*, *amphitheatrum*, *hippodromus*, *hexameter*, *ephippium*). Ces mots, dit avec juste raison M. Brachet (1), empruntés à un idiome étranger, savants, artificiels, littéraires, comme la langue classique, le *sermo nobilis*, étaient aussi étrangers à la langue du peuple que les mots empruntés à l'anglais (*turf*, *sport*, *cricket*, *steeple-chase*, *handicap*) ou aux langues savantes (*diluvium*, *stratification*, *ichtyosaure*, etc.) le sont aux paysans de nos campagnes.

C'est donc la langue vulgaire, c'est-à-dire la langue du peuple, qui fut tout d'abord portée en Gaule par les soldats et les colons. Bien que cette langue ne s'écrivit point, nous en connaissons nombre de mots, non pas seulement par les monuments écrits de la Gaule romane, qui déjà même les avait modifiés et devait les élever à la hauteur d'une langue littéraire, mais par les grammairiens de Rome, qui recommandaient de ne point se servir de ces expressions vulgaires (2). Cassiodore nous apprend qu'on devait dire : *pugna* et non *battalia*. C'est pourtant le premier terme qui a disparu et le second qui a survécu.

On devait également laisser au peuple des mots tels que *batuere*, *caballus*, *septimana*, *adjutare*, *duplare*, etc., et

(1) Aug. Brachet, *Gramm. hist.*, Introduction, p. 18.
(2) Ibid., p. 19.

dire, comme au temps de Tite-Live, *verberare*, *equus*, *hebdomas*, *juvare*, *duplicare*. Encore une fois, ce sont ces derniers et non les autres qui ont péri.

Ce n'est pas cependant qu'il n'y eût, même dans la Gaule florissante et prospère, des patriciens pour parler la langue littéraire. « Le latin classique et le latin populaire y poursuivaient leur marche parallèle, l'un dans le peuple des villes et des campagnes, l'autre dans l'aristocratie et la classe moyenne (1). » Mais ce parallélisme ne devait pas être de longue durée.

Au cinquième siècle, quelques années avant l'invasion des barbares, le latin littéraire se mourait. La suppression de la bourgeoisie porta aux lettres une funeste atteinte ; les écoles se fermèrent, l'usage de la langue écrite, langue classique consacrée par les monuments de la littérature, se restreignit à l'aristocratie romaine et finit par disparaître avec elle, tandis que la langue populaire, la langue parlée, bénéficia des pertes subies par la première, et la supplanta entièrement au moment où les Franks, les Burgondes, les Huns, les Visigoths se précipitèrent sur l'empire.

Alors ce latin vulgaire, sous l'influence des barbares, se transforma à nouveau ; il devint le *bas-latin*, sorte de langue intermédiaire entre l'idiome littéraire et l'idiome populaire; il fut le maître de la Gaule et tout près déjà de donner naissance au français. C'est de ce bas-latin en effet que dérive notre langue, qui entre deux locutions destinées à exprimer la même pensée a toujours pris la forme populaire.

M. Brachet, dans un tableau que nous croyons devoir citer textuellement (2), met fort bien en relief ce fait marquant.

(1) Dans les écoles gauloises fleurissaient les avocats et les rhéteurs, et Juvénal appelle la Gaule la nourrice des avocats, *nutricula causidicorum*. Ibid., p. 24.

(2) Ibid., pp. 27 et 28.

LATIN LITTÉRAIRE	LATIN POPULAIRE	FRANÇAIS
Hebdomas	septimana	*semaine.*
	(Vieux français)	*sepmaine.*
Equus	caballus	*cheval.*
Verberare	batuere	*battre.*
Pugna	battalia	*bataille.*
Osculari	basiare	*baiser.*
Iter	viaticum	*voyage.*
Verti	tornare	*tourner.*
Urbs	villa	*ville.*
Os	bucca	*bouche.*
Felis	catus	*chat.*
Duplicare	duplare	*doubler.*
Sinere	laxare	*laisser.*
Tentamen	exagium	*essai.*
Gulosus	glutonem	*glouton.*
Jus	directus *ou* drictus	*droit.*
Minæ	minaciæ	*menaces.*
Edere	manducare	*manger.*
Ignis	focus	*feu.*
Ludus	jocus	*jeu.*
Aula	curtem	*cour*, etc.

Ces exemples démontrent que le français tire son origine non, comme on l'a dit, du latin classique corrompu par des formes populaires, mais du latin populaire lui-même. Et, disons-le en passant, de ce même latin populaire, en Italie et en Espagne, où l'invasion avait tué comme en Gaule la langue classique, naquirent suivant le génie propre à chacune de ces nations, les trois autres idiomes néo-latins, dont il est impossible de ne pas constater à première vue les ressemblances. Ainsi, pour ne parler que de l'italien, qui n'aperçoit que les mots *cheval*, *bataille*, *baiser*, *voyage*, *bouche*, *chat*, *laisser*, *droit*, *manger*, *feu*, *jeu*, sont presque identiques à ceux de la Péninsule, *cavallo*, *bataglia*, *bacio*, *viaggio*, *bocca*, *gatto*, *lasciare*, *diritto*, *mangiare*, *fuoco*, *giuoco?*

Ainsi le latin populaire, modifié, il est vrai, en diverses circonstances, fut l'élément premier de notre langue romano-française, laquelle, nous l'avons dit plus haut sur le témoignage de M. Littré, garda tout d'abord une supériorité marquée sur les autres langues de la même famille. Quelques années plus tard, et par l'immixtion de mots et de formes nouvelles, par des modifications insensibles, il devait devenir le français des poèmes héroïques des XIe et XIIe siècles.

Cependant il faut, avant d'aller plus loin, revenir sur un autre élément, dont nous avons à peine parlé : l'élément celtique. Bien qu'absorbée dès le commencement par l'idiome romain, la langue celtique ne disparut pas sans laisser quelques traces parmi nous. D'abord les vainqueurs eux-mêmes empruntèrent aux vaincus certaines locutions qui n'avaient point d'équivalentes dans leur langue ; ils firent plus, ils importèrent à Rome même un certain nombre de mots gaulois qu'ils substituèrent aux termes latins.

Il est vrai qu'à ces mots celtiques ils ajoutèrent une terminaison et une consonance latines ; ce qui leur a donné depuis droit de cité ; mais leur origine n'en est pas moins gauloise.

On peut citer d'abord *alauda*, qui fit plus tard *alouette*, et qui remplaça le nom latin *galerita ; cervisia*, *cervoise* qui supplanta absolument la dénomination de *zythum* donnée à l'orge fermentée.

Il en fut de même de *bec*, *lieue*, *alose*, *braie*, *benne*, *arpent*, *brasseur*, *bouleau*, *marne*, qui avant de formerdes mots français dérivés du latin *beccus*, *leuca*, *alosa*, *braca*, *benna*, *arepennis*, *brace* (Pline), *betula*, *margula*, furent des mots celtiques (1).

Les noms de lieux aussi furent conservés par les latins, et nous les retrouvons intacts dans la plupart de nos provinces, appliqués aux forêts, aux champs, aux cours

(1) Cf. Brachet, *Dict. étymologique de la langue française*. Introduction, p. XXXIV.

d'eau. Mais même en tenant compte de tous ces éléments épars, on peut limiter à un très petit nombre les mots celtiques qui ont survécu à la force d'absorption de la langue romaine.

Nous citerons, avec M. Brachet: « *Bagage*, *balai*, *barre*, *bétoine*, *bidet*, *bouge*, *bran*, *bruyère*, *bassin*, *claie*, *cormoran*, *cruche*, *darne*, *dartre*, *dru*, *galerne*, *garrotter*, *gober*, *goëland*, *goëlette*, *harnais*, *houle*, *jarret*, *lais*, *matras*, *pinson*, *pot*, *quai*, *ruche*, *sornette*, *toque*, *truand*, *vassal*, — sans parler des mots introduits plus récemment par la science historique moderne et empruntés au latin *(barde*, *ambacte*, *druide)*, ou au bas breton *(dolmen*, *menhir)* (1). »

II

Mais revenons maintenant à l'époque des invasions du ve siècle. De même que l'élément gaulois avait été détruit par l'élément latin, de même les Germains et les Franks, quoique vainqueurs, allaient être à leur tour absorbés par cet esprit romain, dont il est impossible de contester la grandeur et la force d'assimilation. Les bandes frankes établies en Gaule ne comptaient guère plus de douze mille hommes; encore étaient-elles disséminées au milieu des six millions de Gallo-Romains qui peuplaient le pays. En outre avec la variété des dialectes (francique, burgonde, gothique, etc.), en l'absence d'une langue allemande uniforme, les tribus envahissantes ne pouvaient guère adopter un autre idiome que le latin (2). C'était d'ailleurs la langue de l'Église, et la conversion de Clovis au christianisme, la politique aussi bien que la religion, rendaient obligatoires aux Franks l'étude et l'usage de la langue gallo-romaine.

(1) Ibid., p. xxxv, note.
(2) Brachet, *Gramm. historique*, Introd. p. 29.

On est étonné de voir avec quelle rapidité les conquérants désapprirent leur langue maternelle. Toutefois l'allemand, sans supplanter le latin, causa alors une notable perturbation dans son vocabulaire en faisant adopter un grand nombre de mots germaniques nécessaires pour désigner les institutions nationales que les Franks apportaient avec eux. D autre part, il éloigna de plus en plus sa syntaxe de celle du latin littéraire, en cédant par exemple aux tendances analytiques qui se sont développées dans les langues modernes et qui consistent à remplacer les cas par l'emploi des prépositions *de* et *ad* pour marquer la possession et le but... Ainsi quand le latin littéraire disait : *do panem Petro*, *equus Petri*, le latin vulgaire disait: *dono panem ad Petrum*, *caballus de Petro* (1); de même que déjà on tendait à substituer, pour les verbes, les auxiliaires *être* et *avoir*, aux vieilles conjugaisons latines qui ne les employaient guère.

Mais, sans parler de la grammaire et de la syntaxe, ce qui nous entraînerait trop loin, il est impossible de ne pas analyser d'après M. Brachet le tableau des mots germaniques dont l'usage, devenu nécessaire en raison des lois, des mœurs et des institutions, devait modifier si profondément la langue. Ces mots nouveaux s'élèvent au chiffre de 450 et, bien que latinisés par les Gallo-Romains, ils ont opéré naturellement leur passage au français. Ils comprennent d'abord les termes relatifs aux institutions politiques et judiciaires, les titres de la hiérarchie féodale, mots allemands tels que *mahal*, *bann*, *alód*, *skepeno*, *marahscalh*, *siniscalh*, qui n'ont aucun correspondant dans la langue et l'organisation gallo-romaines, mais qui n'en deviennent pas moins, introduits dans le latin vulgaire, *bannum*, *mallum*, *alodium*, *skabinus*, *mariscallus*, *siniscallus*, jusqu'au jour où passant dans la langue française ils donneront *mall*, *ban*, *alleu*, *échevin*, *maréchal*, *sénè-*

(1) Ibid., p. 32.

chal (1). Beaucoup de ces mots sont des *termes militaires* (guerre, halte, boulevard, arroi, auberge, brèche, beffroi, briser, butin, cible, dard, épier, flèche, heaume, haubert, héraut, étape, blesser, brandir, cotte, crampon), ou de *marine* (hauban, falaise, cingler, bief, digue, agrès, amarrer, bac, bord, radouber, fret, gaffe, foc, canot, écume, esquif, nord, est, sud, ouest) ; d'autres se rapportent au *règne animal* (marsouin, biche, renard, bélier, écrevisse, homard, épervier, esturgeon, freux, agace), au *corps humain* (échine, rate, clopin, clapir, clocher), au *règne végétal* (saule, framboise, if, mousse, gazon, bois), aux *vêtements* (feutre, coiffe, étoffe, agrafe, écharpe), aux *ustensiles* (alène, banc, brosse, canif, échasses, fauteuil, étal), à l'*habitation*, (bourg, échoppe, loge, étuve, crèche). D'autres sont des *mots abstraits* (honte, orgueil, affreux, hâte, galant, haine, souhait, émoi), ou fondés sur des *superstitions* (garou, cauchemar) (2).

« Ainsi modifié comme syntaxe, ainsi accru comme vocabulaire, » dit le savant auteur que nous aimons à citer, « le latin vulgaire était décidément une langue nouvelle, profondément distincte du latin littéraire ; c'est en réalité un idiome tout à fait différent, que les beaux esprits des temps mérovingiens appellent dédaigneusement *langue romane rustique*, c'est-à-dire *latin des paysans* (*lingua romana rustica*), en attendant qu'il se nomme langue française (3). »

Cet idiome est déjà si différent du latin qu'au temps de Charlemagne le peuple ne comprend plus la langue romaine, et que le concile de Tours, en 813, enjoint aux prêtres d'expliquer les saintes Écritures en français et de prêcher en cette langue. Au reste nous possédons un docu-

(1) Ibid., p. 31.

(2) M. Brachet dans son *Dictionnaire étymologique* (Introd., pp. XXXIX et suiv.) donne la liste complète des mots empruntés par le français *moderne* à l'élément germanique.

(3) Brachet, *Gramm. historique*, Introd., p. 32.

ment authentique précieux pour l'histoire ; c'est une sorte de glossaire de la Bible, connu sous le nom de *Gloses de Reichenau*, qui remonte à 768 environ, l'année même où Charlemagne monta sur le trône.

Il suffit de lire les mots disposés sur deux colonnes, à gauche le texte latin, à droite la traduction française, pour juger de l'intervalle qui déjà sépare les deux langues.

TEXTE DE LA BIBLE.	TRADUCTION FRANÇAISE DU VIIIe SIÈCLE.
Minas (menaces),	*Manatces*
Galea (heaume),	*Helmo*
Tugurium (cabane),	*Cabanna*
Singulariter (seulement),	*Solamente*
Cæmentarii (maçons),	*Macioni*
Sindones (linceuls),	*Linciolo*
Sagma (somme),	*Soma etc.* (1).

D'autres documents, le serment de Louis le Germanique et celui des soldats de Charles le Chauve sont précieux pour l'étude de nos origines linguistiques ; car on y surprend, en quelque sorte sur le fait, le travail de la transformation du latin, et l'existence dès cette époque de la langue française, puisque Louis le Germanique dut prêter serment en français par cette raison péremptoire « que l'armée des Franks ne comprenait plus ni le latin ni l'allemand. »

Un peu plus tard, au xe siècle, alors que tout paraît s'effondrer en France avec la dynastie des Carlovingiens, la nationalité française s'affirme ; car elle possède dès lors un langage en propre, bien à elle ; et, « sur les débris de l'empire carlovingien, vivra pendant six siècles cette féodalité » glorieuse et féconde, à laquelle M. Littré lui-même attribue une salutaire influence. Elle fut une source de grandeur pour la France, à qui « elle apportait une forme

(1) Ibid., pp. 33 et 34.

sociale nouvelle, intermédiaire de l'esclavage antique et de la liberté moderne (1). »

« Alors se développe, du XIe au XIIIe siècle, une littérature poétique pleinement originale, une poésie lyrique gracieuse ou brillante, une poésie épique grandiose et dont la *Chanson de Roland* reste l'expression la plus parfaite (2). » Nous n'avons point à juger ici la valeur littéraire de ces grands monuments de notre langue nationale ; mais nous pouvons du moins affirmer qu'au XIIIe siècle cette langue s'imposait aux nations voisines : à l'Angleterre, par la conquête des Normands ; à l'Allemagne, où l'empereur Frédéric II cultivait avec sa cour la poésie française ; à l'Italie, où l'usage d'écrire en français était général ; à l'Europe entière, en un mot, où « l'on s'efforçait de copier, » avec les formes du langage, « les mœurs et les usages de la France. » C'était, d'ailleurs, l'époque des croisades. Godefroid de Bouillon délivrait le saint sépulcre ; la bataille de Bouvines consacrait la prééminence des Français sur les Allemands ; l'Angleterre, pour une longue période encore, restait la vassale de nos rois; et le titre *Gesta Dei per Francos* résumait admirablement cette prééminence, que Dieu accordait à notre patrie au triple point de vue des armes, de la civilisation et des lettres (3).

III

Mais ce français « que l'Europe du XIIIe siècle s'estimait si fort honorée d'apprendre » quel était-il? Issu, nous l'avons dit, du latin populaire, mélangé de quelques mots celtiques et modifié plus tard par l'introduction de quelques mots allemands, il se distinguait des langues romanes parlées en Italie et en Espagne, comme les trois races étaient

(1) Ibid., p. 39.
(2) Ibid., p. 40.
(3) Cf. Littré. *Études et glanures*. Préface, p. VII.

distinctes entre elles. « En Gaule, le latin populaire se trouvant en présence de deux races rivales, celle du Nord et celle du Midi, donna lieu à deux idiomes distincts, celui du Midi ou *langue d'Oc*, celui du Nord ou *langue d'Oïl* (1). » On avait, au moyen âge, l'habitude de désigner les langues par le signe de l'affirmation. Dante appelait l'italien *langue de Sì*, et nos deux grandes divisions linguistiques de France correspondaient à la manière de dire oui, *oc* dans le Midi, *oïl* dans le Nord. De là cette dénomination bizarre, partageant la France en deux parties dont la délimitation pourrait être indiquée exactement au nord et au sud par une ligne qui partirait de la Rochelle pour aboutir à Grenoble.

« La *langue d'oc* se développa du xe au xie siècle parallèlement à la *langue d'oïl* et fournit une brillante littérature lyrique surtout dans la Provence. Mais la défaite du Midi dans la guerre des Albigeois, et la cession du Languedoc à la France en 1272, consacra définitivement l'usage du français au sud de la Gaule, où les patois provençaux, longuedociens et gascons ne sont plus aujourd'hui que des débris de l'ancienne langue d'*oc* (2).

Quant à la langue *d'oïl* dont la destinée était de devenir la langue française, elle se trouva tout d'abord en présence de populations ou sous-races distinctes, parmi lesquelles il faut citer les *Normands*, les *Bourguignons*, les *Picards* et les habitants de l'*Ile-de-France*, qui prononçaient chacun le latin à leur manière et formaient autant de dialectes qu'il y avait alors de centres politiques, littéraires et administratifs. Là encore on conçoit quelle influence la féodalité dut avoir sur la formation et le développement de la langue.

Ces différences dialectales, très sensibles et très marquées pour les étrangers eux-mêmes, ne portaient point sur la syntaxe, mais uniquement sur la forme des mots. Sans entrer dans de longs détails sur ces divergences, on peut

(1) Brachet., *Gram. histor.*, Introd., p. 41.
(2) Ibid., p. 42, note.

dire, avec M. Brachet, que « la langue latine s'assourdit et se contracte à mesure qu'elle s'éloigne du Midi (1). » On en conclut, dit le savant auteur, qu'il y a là un fait naturel, que les langues, comme les plantes, se modifient sous l'influence du climat; en un mot, que le climat est, comme disent les Allemands, un des *facteurs* du langage (2).

Mais revenons-en à nos dialectes. Ils étaient au XIIe siècle égaux en importance ; leur indépendance linguistique et littéraire était corrélative de leur indépendance politique, entretenue par le système féodal ; mais vienne le jour où ce système disparaîtra ; vienne l'avènement de Hugues Capet, duc de France, au trône d'une monarchie une et centrale, avec Paris pour capitale, et le dialecte *français*, suivant sa marche triomphante, chassera les dialectes indigènes des provinces conquises, en les remplaçant d'abord dans les actes officiels, et ensuite dans les œuvres littéraires et dans le langage élevé (3).

Il est vrai que les dialectes vaincus ne cèdent point sans résistance. Ils continuent d'être employés par le peuple et descendent, après des altérations incessantes, du rang élevé qu'ils avaient occupé, au rang de *patois*, c'est-à-dire qu'ils cessent d'être écrits pour ne plus être que parlés. L'étude de ces patois met en relief « les caractères que nous offrent les anciens dialectes dans les œuvres littéraires du moyen âge. Les patois ne sont donc point, comme on le croit communément, du français littéraire corrompu dans la bouche des paysans : ce sont au contraire les débris des anciens dialectes provinciaux, que les événements politiques ont fait déchoir du rang de langues officielles, littéraires, à celui de langues purement parlées (4). » Ce sont ces patois qu'il faut consulter pour retrouver le lien qui unit

(1) Pour ne citer qu'un exemple de cette loi, le mot latin *amabam* était, au douzième siècle, *amève* chez les écrivains bourguignons, *amoie* dans l'Ile-de-France, *amoue* en Normandie (Ibid., p. 44).

(2) Ibid.

(3) Ibid., pp. 46 et 47.

(4) Ibid., p. 47.

le français moderne au français ancien, ou plutôt le français encore vivant dans nos campagnes au vieux langage de la langue d'oïl.

Beaucoup de ces mots patois sur lesquels d'ailleurs nous reviendrons plus tard ont une haute portée ; on est frappé non seulement de la similitude du terme, mais parfois aussi on retrouve des cas où les sens et les significations du jour ne s'expliquent que par le sens et les locutions qui se sont conservées dans nos campagnes. De ce qu'un mot est tombé en désuétude, il n'est pas nécessairement hors d'usage ni rejeté dans le sens archaïque, que nos pères appelaient gaulois ou gothique (1). Il ne faudrait pas croire cependant que la prédominance du dialecte de l'Ile-de-France, destiné à devenir la langue française par la suppression des trois autres, fut complète. Non, il s'introduisit dans la langue même des vainqueurs un certain nombre de formes empruntées évidemment aux dialectes vaincus que nous retrouvons encore dans les patois bourguignons, picards ou normands. Ce sont là des disparates qui troublent l'unité et l'harmonie de la langue, mais qu'il faut constater. M. Brachet cite à titre d'exemple le *c* dur du latin, qui « avait donné *ch* dans le dialecte de l'Ile-de-France, *c* dans celui de Picardie. *Campus*, *carrus*, *cantare*, *carta*, *castellum*, *catus*, *campania*, *cappa*, *cancellus*, *cancer*, *carricare*, étaient chez les Français *ch*amp, *ch*ar, *ch*anter, *ch*arte, *ch*astel, *ch*at, *ch*ampagne, *ch*appe, *ch*ancel, *ch*ancre, *ch*arger, chez les Picards, *c*amp, *c*ar, *c*anter, *c*arte, *c*astel, *c*at, *c*ampagne, *c*appe, *c*ancel, *c*ancre, *c*arguer (2). » Pourquoi la langue moderne, qui dans la plupart des cas a délaissé le picard pour le français, a-t-elle parfois fait l'opération

(1) Pour tous ces motifs l'histoire des patois nous montre leur importance dans l'étude de la langue française ; aussi l'Académie des inscriptions ne cesse d'encourager ce genre de recherches. Parmi les meilleurs glossaires des patois de nos provinces, on nous permettra de citer le *Glossaire du Centre de la France*, par M. le comte Jaubert, et tout récemment encore, le *Glossaire du Morvan*, par M. A. de Chambures.

(2) Brachet, *Gramm. hist.*, Introd., p. 48.

inverse? Pourquoi par exemple a-t-elle préféré la forme picarde *campagne* au vieux mot *champagne?* Pourquoi aussi dans nombre de cas a-t-elle, par un compromis singulier, donné place aux deux dialectes en attribuant à chacun un sens distinct et spécial? « Ainsi CAMPUS a donné *camp* et *champ*, — CAPPA, *chappe* et *cape*, — CARTA, *charte* et *carte*, — CASTELLUM, *castel* et *château*, — CARRICARE, *charger* et *carguer* (1). » Les doubles formes telles que *fleurir* et *florir*, *grincer* et *grincher*, *attaquer* et *attacher*, *écorcher* et *écorcer*, *charrier* et *charroyer*, *laisser* et *lâcher*, *plier* et *ployer*, ne sont évidemment que les mêmes mots dans des dialectes différents. S'il y a là des anomalies et des défauts d'harmonie, il n'y a en revanche rien qui porte atteinte à l'unité originelle de la langue.

Ainsi, à part quelques emprunts peu nombreux, le dialecte de l'Ile-de-France survit à tous les autres et les fait disparaître; la marche de la langue et celle de la nation demeurent parallèles et subissent les mêmes révolutions.

La même loi s'était accomplie en Espagne et en Italie.

Presque à la même époque, le toscan avait supplanté le milanais, le vénitien, le napolitain et le sicilien, de même que le castillan avait supplanté l'andalous et le navarrais.

Il ne saurait entrer dans notre plan d'examiner la grammaire et la syntaxe de ce français du XIIIe siècle, encore bien éloigné du français moderne.

Cependant il n'est point sans intérêt de mentionner que l'ancien français, sans renoncer complètement à la déclinaison latine, tenta cependant de s'en affranchir, en réduisant à deux cas les six cas latins. Il ne garda donc des substantifs que la forme du nominatif pour le sujet, et la forme de l'accusatif pour le régime, en attendant le jour prochain où il remplacerait cette forme demi-synthétique par la forme analytique, et la forme compliquée du mot dé-

(1) Ibid., p. 49.

cliné par la construction plus simple de la phrase. Au XIVe siècle la révolution est accomplie, et en même temps que s'écroule la société féodale, l'ancien français se transforme à son tour pour répondre au besoin d'une société nouvelle (1). Si ingénieux que soit le rapprochement entre l'esprit moderne qui supprime la féodalité, et l'esprit d'analyse qui proscrit la déclinaison à six ou à deux cas, nous avouons ne pas saisir très bien la relation qui unit la langue nouvelle à la France nouvelle ; mais c'est là un thème fécond et en tous cas bien inoffensif, qu'affectionnent les savants philologues auxquels nous faisons nos emprunts.

IV

Quoi qu'il en soit, voici la langue moderne presque achevée, et notre idiome bien près d'être fixé ; mais il n'est point dans la destinée des idiomes, non plus que dans celle des nations, de rester immobiles.

Cette belle et forte langue de Commines va être compromise par une invasion de mots étrangers empruntés à l'italien, au grec et au latin. Déjà au moyen âge et bien longtemps avant qu'il fût question de la renaissance italienne, la vieille langue française à son début s'était incorporé comme un sang nouveau. Elle s'était rajeunie au contact de la langue provençale, une langue véritable, comme l'italien et l'espagnol, et non un simple patois. « Le provençal au XIIIe siècle, dit M. Brachet, donne naissance à une brillante littérature lyrique que l'Allemagne traduit, que Dante admire, que Pétrarque imite. Son originalité linguistique par rapport au français consiste dans certains caractères archaïques qui le rapprochent plus du latin et lui assignent, entre le français et l'italien, la même-

(1) Ibid., p. 54.

tion intermédiaire que la Provence occupe géographiquement entre la France et l'Italie (1). »

En 1272, le Languedoc passe à la France, le noble idiome du bon roi René passe à l'état de patois, et sa littéture s'éteint, non toutefois sans avoir laissé dans le vocabulaire français de glorieuses épaves dont plusieurs datent du XIIe siècle, et les autres en petit nombre des temps modernes.

Nous citerons, parmi les importations provençales, les termes maritimes : *autan*, *mistral*, *cap*, *carre*, *corsaire*, *carguer*, *espade*, *gabarrit*, *vergue ;* les noms d'animaux : *dorade*, *jigale*, *cabri*, *carnassier*, *ortolan*, *isard*, lequel vient, ainsi que *béret*, de la langue d'oc du Béarn ; les noms de fruits : *grenade*, *radis*, *bigarrade ;* les termes plus ou moins abstraits : *jaser*, *ruser*, *fâcher*, *rôder*, *malotru*, *badin*, *badaud*, *fat*, *forçat*, *donzelle*, *ménestrel;* les termes relatifs au costume : *camail*, *barrette ;* à l'habitation et au mobilier : *bastide*, *pelouse*, *caisse*, *cadenas*, *bâton*, *cambouis* (2).

Ainsi par la Provence s'étaient nouées les premières relations de la France avec le Midi ; mais ce n'était rien encore.

Les expéditions de Charles VIII, de Louis XII et de François Ier au delà des monts, allaient rendre l'italien très familier en France. Le brillant éclat que jetaient les arts et les lettres dans la Péninsule séduisait les esprits, en même temps que la régence de Catherine de Médicis donnait le prestige de la mode à tout ce qui était italien (3). Cette influence, qui ne se fait d'abord sentir qu'à la cour de François Ier et de Henri II, ne tarde pas à s'étendre à toute la nation. A la cour on parle à la manière italienne, et on dit *courtisan* (cortigiano), *carnaval* (carnevale), *escorte* (scorta), *charlatan* (ciarlatano), *bouffon* (buffone), *spadassin*

(1) Brachet, *Dict. étymologique*, Introduction, p. L.
(2) Ibid., p. LI.
(3) Littré, *Dict. de la langue française*, préface, p. L.

(spadaccino), *carrosse* (carozza). Les arts venus d'Italie avec Léonard de Vinci et le Primatice introduisent aussi des mots nouveaux tels que *balcon*, *façade*, *costume*, *baldaquin*, *gouache*, *fresque*, *maquette*, *aquarelle*, *sépia*, *andante*, *adagio*, *ariette*, *arpège*, *cadence*, *cartouche*, de même que la guerre et le besoin d'exprimer des choses et des objets nouveaux avaient apporté *carabine*, *gabion*, *escadre*, *parapet*, *estrapade*, *fantassin*, *infanterie*, *citadelle*, *estramaçon*, *alerte*, *embuscade*, *arquebuse*, *bravade*, *bravoure*, *accolade*, *baguette*, *bombe*, *arsenal*, etc. (1).

Cette manie excitait grandement, l'indignation d'un contemporain, Henry Estienne : « D'ici à peu d'ans, écrivait-il, qui est celuy qui ne pensera que la France ait appris l'art de la guerre en l'eschole de l'Italie, quand il verra qu'elle usera des termes italiens (2). ? »

Pourquoi ces doléances, et quel si grand crime, en dehors même de l'engouement de la mode y a-t-il à exprimer par des mots tout faits des choses et des idées qui n'avaient point cours jusque-là parmi nous ? Si la carabine, l'arquebuse et le bastion étaient choses nouvelles pour nous, pourquoi ne pas leur donner le nom italien, tiré du pays même de leur origine ? Nous ne partageons donc point, quant à nous, l'indignation de Henry Estienne, non plus que celle des linguistes qui l'ont suivi.

Ces assimilations d'ailleurs sont dans la nature ; elles sont le droit des langues qui prennent leur bien où elles le trouvent, et qui, tout inconscientes qu'elles sont de leur travail, arrivent presque toujours à trouver le mot juste et le terme exact. Tout au plus reprocherons-nous aux *italianiseurs* du XVIe siècle, comme on les appelait, l'exagération de leur manie, quand ils ont voulu remplacer, dans le langage usuel, les mots français par des mots italiens. Ainsi les beaux esprits de la cour des Valois ne disaient plus la

(1) Cf. Brachet, *Dictionn. étymol. de la lang. franç.*, Introd., pp. LII et suiv.
(2) Brachet, *Gramm. historique*, Introd., p. 56.

première fois, *grand revenu*, *suffire;* mais la *première volte*, *grosse intrade*, *baster*, parce que les Italiens possédaient dans leur langue les mots *bastare*, *entrata*, *prima volta* (1). Mais qu'arriva-t-il ? C'est que ces tournures étrangères, sans motifs et sans raison, tombèrent d'elles-mêmes, tandis que les vrais termes italiens répondant à une idée nouvelle, les termes de guerre, d'art, de commerce ou de banque ont subsisté et pris rang dans notre langue où ils figurent encore avec honneur (2).

Une autre exagération, peut-être plus funeste, dans ses conséquences, fut la manie de l'antiquité. On était alors dans toute la ferveur du culte de la Grèce et de Rome. On ne se passionnait pas seulement pour les temples, les statues et les dieux du Parthénon ; on aurait voulu, au temps de Léon X et de Marsile Ficin, revenir au grec et au latin, non du moyen âge assurément, mais au grec de Démosthène, au latin de Cicéron et de Virgile.

(1) Ibid., p. 57.

(2) M. Brachet (*Dict. étym.*, Introd., pp. LII et suiv.) donne la liste complète des mots français empruntés à l'italien. Ces mots forment à peu près la moitié des emprunts faits aux langues modernes, comme on peut le voir par la statistique approximative publiée par le même auteur (ibid., pp. LXX et LXXI).

STATISTIQUE DU FRANÇAIS MODERNE :

I. Mots d'origine inconnue.	650
II. Mots d'origine populaire (4 260) :	
a). Élément *latin* (mots primitifs). . . .	3 800
b). Élément *germanique*	420
c). Élément *grec*	20
d). Élément *celtique*.	20
III. Mots d'origine étrangère (922) :	
a). Mots *italiens*	450
b). *provençaux*.	50
c). *espagnols*	100
d). *allemands*	60
e). *anglais*	100
f). *slaves* (16), *sémitiques* (110), *orientaux* (16), *américains* (20). . .	12
IV. Mots d'origine historique (105), onomatopées (40).	145
Total. . .	5 977

En 1548, Joachim du Bellay, dans un manifeste célèbre intitulé *Défense et Illustration de la Langue Française*, se plaignait amèrement de la pauvreté de cette langue (1). Il voulait à l'aide d'emprunts ou plutôt de pillages opérés hardiment sur les trésors sacrés de l'antiquité « donner en cette Grèce menteresse, et y semer encore un coup la fameuse nation des Gallo-Grecs. » Ronsard se chargea d'accomplir plus audacieusement encore les réformes que proposait du Bellay ; il voulut du même coup réformer la langue,

Et pouvoir en français parler grec et latin.

Son procédé d'ailleurs tout mécanique consistait à affubler d'une terminaison française une foule de mots antiques. Les mots savants formés du grec nous envahirent de toutes parts : *ocymore*, *entéléchie*, *oligochronien*, etc. (2).

Les disciples de Ronsard firent mieux encore, et, au lieu de tenir compte des mots latins devenus français à l'aide des modifications conformes à notre génie national, ils voulurent faire table rase de ces mots et en créer à nouveau. Ainsi, *otiosus*, *ratio*, *vindicare*, *perfectus*, *plaga*, *peregrinus*, avaient donné, à l'origine de la langue, *oiseux*, *raison*, *venger*, *parfait*, *plaie*, *pèlerin*. Cela n'était plus suffisant pour les savants ou plutôt les précieux du temps ; ils trouvèrent *otieux*, *ration*, *vindiquer*, *perfect*, *plague*, *peregrin* et une foule de mots auxquels le peuple ne comprit jamais rien, qu'il n'employa point, et qui ne furent que de courte durée.

Enfin, Malherbe vint ! Il se fit à son tour le réformateur de cette réforme et, comme tous les réactionnaires, il dépassa le but en proscrivant, partout où il le rencontrait, le néologisme grec et latin.

Néanmoins il ne chassa point tous ces mots nouveaux ; et

(1) *Gramm. hist.*, Introd., p. 58.
(2) Ibid., p. 60.

beaucoup de formes gréco-latines subsistèrent à côté de leurs congénères français. C'est ainsi que nous retrouvons encore aujourd'hui *polype* à côté de *poulpe* (polypus), *faction* à côté de *façon* (factionem), *potion* à côté de *poison* (potionem), etc. (1).

Le XVIe siècle avait débuté par l'imitation de l'Italie, il avait continué par le culte excessif de l'antiquité (nous ne parlons, bien entendu, qu'au point de vue de la langue, et non de la littérature ou des arts). « Le XVIIe siècle prit l'Espagne pour modèle, et subit dans sa première moitié l'invasion du goût espagnol (2). » C'était le résultat des guerres de la Ligue et du long séjour des armées de Philippe II sur notre territoire. Aussi à la cour de Henri IV, les courtisans, au dire de Sully, portaient les modes espagnoles, « ne poussaient qu'admirations et exclamations castillanes. Ils réitéraient des Jésus-Sire! et criaient en voix dolente : *Il en faut mourir* (3). »

De cette époque aussi date l'introduction des mots espagnols. Ces mots servaient à désigner des végétaux exotiques et leurs produits manufacturés (*cannelle*, *vanille*, *indigo*, *tabac*, *tomate*, *cigare*, *benjoin*, *abricot*, *jasmin*, *jonquille*, *jujube*, *savane*, *tulipe*, *limon*), — divers noms d'animaux (*épagneul*, *mérinos*, *cochenille*, *anchois*, *pintade*), — des couleurs (*basané*, *alezan*, *nacarat*, *albinos*), — plusieurs termes empruntés à l'habitation (*alcôve*, *case*, *corridor*), au mobilier (*caleb asse*, *cassolette*, *manille*), à l'habillement (*galon*, *savate*, *pagne*, *mantille*, *basquine*, *caban*, *chamarrer*), — des pâtisseries (*marmelade*, *caramel*, *chocolat*, *nougat*), — des termes de musique (*castagnette*, *guitare*, *mandoline*, *sérénade*, *aubade*), de jeux ou de plaisirs (*sieste*, *sarabande*, *régaler*, *hombre*, *ponte*, *dominos*), — des qualifications (*laquais*, *menin*, *duègne*, *grandesse*), — des termes de marine (*arrimer*, *embargo*, *embarcadère*, *débar-*

(1) Ibid., p. 62.
(2) Ibid., p. 63.
(3) Sully, *Mémoires*, II, 2.

cadère, mousse, cabestan, pinte, récif, subrécargue), — des expressions militaires *(adjudant, caserne, diane, colonel, escouade, camarade,— haquenée, cabrer, caparaçon, salade, espadon, — incartade, algarade, capitan, matamore)*.

Les mots abstraits venus de l'Espagne ne sont qu'en petit nombre (*baroque, bizarre, disparate, casuiste, barbon, parangon, eldorado, transe, soubresaut, risquer, hâbler*). Les colonies espagnoles nous ont fourni *créole, mulâtre, nègre, liane*, de même que la langue portugaise nous a envoyé quelques mots relatifs aux mœurs de l'Inde et de la Chine *bézoard, bayadère, mandarin, caste, fétiche*), un terme de pénalité ecclésiastique (*autodafé*), un terme de discipline militaire (*chamade*), quelques noms de fruits (*coco, abricot, bergamote* (1).

Remarquons en passant que l'hôtel de Rambouillet, les précieuses, l'Académie et les grammairiens (Vaugelas, d'Olivet, Thomas Corneille) subirent, à leur insu peut-être, cette influence espagnole, plutôt, il est vrai, dans la forme précieuse donnée à la pensée, que dans le choix et l'usage des mots. Leur œuvre, en effet, fut une œuvre d'épuration. Ils croyaient ennoblir la langue en rejetant impitoyablememt tout ce qui n'était point admis par « le bon usage » et les gens de « bon ton. » Ce rigorisme excessif a-t-il, comme on le répéte souvent, desséché les sources vives de la langue? Ce n'est pas à nous à en juger. Toujours est-il que ces suppressions et ces coupures, consacrées par le dictionnaire de l'Académie française, ne paraissent point avoir porté atteinte au génie et à la vigueur de cette belle langue qui, avec Pascal, Corneille, Bossuet, Molière, Racine, la Rochefoucauld, arrivait à l'apogée de sa grandeur.

Quant au XVIIIe siècle, il produisit peu de changements et le néologisme y fut à peu près insensible. Voltaire, sauf quelques réformes orthographiques, se borna à continuer les

(1) Cf. Brachet, *Dictionn. étymol. de la langue franç.*, Introd., pp. LV et suiv.

traditions consacrées par l'usage du siècle précédent. Les grammairiens et les philosophes, dans de stériles discussions, traitèrent de l'origine du langage, de la nécessité d'une langue universelle, de l'existence d'une langue primitive, plus naturelle à l'homme que toutes les autres (1). Mais, grâces à Dieu, leurs théories et leurs dissertations ne modifièrent en rien les destinées de la langue nationale.

Au XIXe siècle, le néologisme nous envahit de nouveau et nécessairement avec une force d'impulsion bien autrement vive qu'au temps de Ronsard. Il s'agit de créer des mots pour des besoins scientifiques et industriels nouveaux.

On les emprunte parfois à la langue grecque (*pathologie*, *gazomètre*, *télégraphie*, *photographie*, *photogénie*), comme au XVIIIe siècle on avait dit *oxygène*, *hydrogène*, *azote*. D'autres fois on demande aux pays étrangers, à l'Angleterre, à l'Amérique, à l'Allemagne, à la Russie, voire à la Pologne et à la Turquie, leurs produits, leurs métaux, leurs instruments, leurs chemins de fer, leurs institutions politiques ou économiques. C'est là du bon néologisme, car il répond à des idées et à des faits.

Ainsi, nous dirons avec les Anglais *ballast*, *express*, *rail*, *wagon*, *tunnel*, *flint*, *malt*, quand nous imiterons leur industrie ; *châle*, *carrick*, *redingote*, *plaid*, *lasting*, *spencer*, quand nous voudrons désigner leurs vêtements ou leurs étoffes ; *bifteck*, *rosbif*, *pouding*, *mess*, *bol*, *grog*, *punch*, *rhum*, quand nous nous servirons de leur alimentation ; *sport*, *boxe*, *turf*, *jockey*, *clown*, *bouledogue*, *groom*, *steeple-chasse*, *stalle*, *tilbury*, *break*, *dogcart*, *festival*, *raout*, *lunch*, *whist*, *touriste*, *fashionable*, *dandy*, quand nous voudrons exprimer les habitudes et les jeux de la vie élégante ; la législation et l'économie politique nous donneront les mots *budget*, *jury*, *bill*, *convict*, *comité*, *speech*,

(1) *Gramm. hist.*, Introd., p. 64-65.

verdict, *club*, *meeting*, *pamphlet*, *toast;* la banque, *chèque*, *warrant*, *drawback;* la médecine, *croup*, *spleen;* la marine, *dock*, *bosseman*, *accore*, *beaupré*, *cabine*, *boulingrin*, *cabestan*, *cachalot*, *cambuse*, *coaltar*, *cutter*, *éperlan*, *flibustier*, *hèler*, *interlope*, *loch*, *lof*, *paquebot*, *poulie*, *steamer*, *touage*, *yacht* (1).

Nous n'avons point parlé encore des mots d'origine sémitique. En ce qui concerne l'hébreu, il faut reconnaître, en dépit de nos vieux étymologistes, que l'influence hébraïque sur nos origines linguistiques a été aussi nulle que possible ; à peine quelques mots de l'Ancien Testament nous sont-ils arrivés par la traduction latine de saint Jérôme, tels que *chérubin*, *séraphin*, *géne*, *pâque*, *éden;* auxquels il faut ajouter les mots talmudiques, *cabale* et *rabbin*.

Quant aux mots arabes, les uns nous viennent par les voyageurs et expriment des choses purement orientales relatives à la religion, *alcoran*, *mosquée*, *minaret;* aux dignités ou aux qualités des personnes, *mameluk*, *drogman*, *cadi*, *marabout*, *vizir*, *sultan;* aux objets du pays, *caravane*, *babouche*, *sequin*, *girafe*, *genette*, *gazelle;* les autres proviennent de l'influence des croisades, et aussi du grand mouvement scientifique arabe auquel la France prit part du XIIe au XIVe siècle, en étudiant les philosophes. On sait qu'ils cultivaient surtout l'astronomie, l'alchimie, les mathématiques; de là les mots savants qui au moyen âge avaient déjà cours dans notre langue : *azimut*, *nadir*, *zénith* pour l'astronomie, *alcali*, *alcool*, *alambic*, *alchimie*, *élixir*, *borax*, *ambre*, *sené*, *safran*, *loch*, *julep*, *rob*, *sirop* pour l'alchimie, *algèbre*, *algorithme*, *zéro*, *chiffre* pour les mathématiques.

De plus les relations commerciales avec l'Orient introduisirent dans la langue divers termes relatifs aux vêtements, *bouracan*, *coton*, *taffetas*, *jupe;* aux constructions et à l'ameublement, *divan*, *matelas*, *sofa*, *magasin;* à la joaillerie, aux couleurs, aux parfums, *nacre*, *carat*, *orange*,

(1) *Dict. étymol.*, Introd., pp. LVIII et LIX.

azur, *talc*, *civette ;* enfin les mots de signification diverse : *hasard*, *café*, *tamarin*, *amiral*, *haras*, *truchement*. Mais il est à remarquer que les invasions des Sarrasins dans le midi de la France, qui ont laissé dans l'histoire et dans la légende de si grands souvenirs, n'ont laissé dans la langue ni dans les patois aucune trace sérieuse.

Enfin pour en finir avec l'Orient, les voyageurs nous ont rapporté de l'Inde les mots de *nabab*, *brahme*, *palanquin*, *pagode*, *paria*, *jongle*, *cornac*, *bambou*, de la Chine le mot *thé*, de la Malaisie, *casoar*, *orang-outang ;* sans parler du mot *zèbre* qui est d'origine africaine (1).

L'Amérique nous a fourni quelques mots relatifs aux produits et aux usages locaux : *Acajou*, *ananas*, *boucanier*, *cacao*, *caïman*, *calumet*, *colibri*, *condor*, *maïs*, *jalap*, *ouragan*, *quinquina*, *quinine*, *sagou*, *tabac*, *tapioca*, *tatouer*, *scalper* (2).

Quant aux mots d'origine allemande, il ne faut pas les confondre avec ceux d'origine germanique, lesquels se sont transfusés dans notre langue et mélangés avec elle à une époque déjà ancienne. Les mots d'origine allemande, au contraire, ne sont pas antérieurs au XVIe siècle ; ils datent pour la plupart de la guerre de Trente Ans, et sont en général des expressions militaires (*bivouac*, *blocus*, *blockhaus*, *chabraque*, *colback*, *flamberge*, *fifre*, *havresac*, *hourrah*, *loustic*, *lansquenet*, *reître*, *obus*, *sabre*, *rosse*, *sabretache*, *schlague*, *vaguemestre*). On peut citer encore des termes de boissons ou de cabaret (*trinquer*, *brandevin*, *choucroute*, *canette*, *gargote*, *kirsch*, *bonde*, *flèche*, *nouille*).

Il faut y ajouter quelques noms d'animaux (*élan*, *renne*, *hamster*, *brême*), des termes d'art (*graver*, *estomper*) de danse (*valser*), et d'ameublement (*bahut*, *édredon*), d'industrie ou de métaux (*bismuth*, *cobalt*, *couperose*, *égriser*, *embérize*, *gangue*, *gueuse*, *glette*, *manganèse*, *potasse*, *quartz*, *spath*,

(1) Ibid., pp. LX et suiv.
(2) Ibid., p. LX.

zinc) (1). Mais il ne paraît pas que l'invasion allemande 1870-71, contrairement à celles qui ont à tant de reprises, au moyen âge, désolé notre sol national ait apporté parmi nous aucun mot nouveau, sauf peut-être ceux de *landwehr* et de *landsturm*, que nous connaissions déjà, mais qui, grâce à Dieu, n'ont point été adoptés pour désigner nos troupes de réserve.

Enfin, pour être complet et pour terminer cette longue nomenclature qui nous paraît n'être point sans intérêt, disons que le flamand nous a fourni, outre le mot *bouquin*, un nom de plante (*colza*), et de fête (*kermesse*); (2) le patois wallon nous a donné *ducasse*, et nous sommes redevables de *ranz*, *chalet*, *avalanche*, *crétin* au patois des grisons (3).

La Pologne a donné des termes de danse (*polka*, *mazurka*, *rédowa*), le mot *calèche* et une expression de blason (*sable*), — la langue russe, *steppe*, *knout*, *czar*, *palache*, *cosaque*, *cravache*, tandis que l'arme hongroise des *hussards* introduite sous Louis XIV nous a fourni les noms de *dolman*, *schako*. Le mot *horde*, d'origine mongole, date du XVe siècle et celui de *bougre*, qui a un sens péjoratif en notre langue, date du temps où les bandes de Bulgares désignés par leur nom de *Bougres* inspiraient aux peuples d'Occident une terreur universelle (4).

Ainsi, on le voit, ces mots nouveaux importés chez nous des quatre coins du monde, au fur et à mesure que

(1) Cf. Ibid., p. LVII.

(2) Ibid., p. LVII.

(3) Ibid., p. LIX.

(4) Bien plus l'usage s'est établi, et il gagne chaque jour du terrain, de se servir dans la conversation habituelle de mots étrangers non encore naturalisés. C'est ainsi que des écrivains même autorisés parlent en français de l'*humour* ou du *home* anglais. Ils disent des *gentlemen*, des *policemen* et des *detectives*. Ils aiment à se servir des expressions italiennes, *morbidezza*, *farniente*, ils appliquent les mots arabes *smala* et *beni* aux familles françaises, ou le *kief* de l'Orient au repos qu'on prend pendant le jour. D'autres aiment à se servir de mots latins, *manu militari*, *habitus*, *facies*, *modus vivendi*, comme si ces mots n'avaient point leurs correspondants dans notre langue.

les communications entre les hommes devenaient plus faciles, ne sont que l'expression d'un besoin. Les néologismes ou mots étrangers que nous venons de citer ont cela de particulier qu'ils ont été adoptés, pour ainsi dire, par tous les peuples de la terre. Partout où il y a une assemblée représentative, à Rome, comme à Londres, on se sert du mot *parlement*, partout où il y a un chemin de fer, on dit *railway*, partout où s'établit un champ de course on parle de *turf*.

Quant aux néologismes que le journalisme, la tribune, ou, pour mieux dire, le laisser aller d'une langue peu soucieuse de sa dignité, se permettent chaque jour, on ne saurait trop les flétrir. C'est le matérialisme, moins que cela, le naturalisme grossier envahissant cette langue qui se faisait gloire au XVIIe siècle de ses aspirations spiritualistes et idéales.

C'est la démagogie de la langue devenant, non plus populaire et plus libre, mais plus brutale, plus obscure, plus incorrecte et plus faible, d'autant qu'elle veut paraître plus violente et plus excessive. Pourquoi, au lieu de *fonder*, *tromper*, *émouvoir*, le français du XIXe siècle dit-il *baser*, *illusionner*, *émotionner ?* Pourquoi a-t-il fait *règlementation* de *règler*, *inconstitutionalité* de *constitution*, *dénationalisation* de *nation ?* Pourquoi dit-il *laïcisation*, *opportunisme*, *vicinalité*, *démissionner ?*

S'il est vrai qu'une langue n'est jamais fixée, parce qu'elle tend incessamment à se modifier, sans s'arrêter jamais dans le bien comme dans le mal, il faut craindre que la destinée actuelle de notre idiome ne soit pas de marcher en avant du côté du progrès et de l'amélioration.

ERNEST DE TOYTOT.

BIBLIOGRAPHIE

I

ÉTUD S SYNTHÉTIQUES DE GÉOLOGIE EXPÉRIMENTALE par M. DAUBRÉE (1).

Tous ceux qui s'intéressent aux progrès de la géologie savent avec quel succès M. Daubrée, l'éminent directeur de l'École des mines de Paris, poursuit, depuis plus de trente ans, l'application de la méthode expérimentale à une science qu'on pouvait croire vouée pour longtemps encore à l'observation pure. Sans doute, il s'était trouvé avant lui des esprits ingénieux pour concevoir et exécuter heureusement certaines expériences propres à élucider quelques-uns des problèmes de la géologie. Mais à M. Daubrée revient le mérite d'avoir abordé ce champ d'études d'une manière systématique et avec une ampleur dont il est aisé de se convaincre en parcourant les deux beaux volumes que la librairie Dunod vient de publier récemment. La plupart des *mémoires* de l'auteur, épars jusque-là dans des recueils divers, y sont réunis sous une forme nouvelle, qui les rend facilement intelligibles pour toute personne en possession de quelque instruction scientifique. De nombreux dessins, d'une excellente exécution, viennent encore en aide au lecteur, et il en résulte un ensemble dont la valeur ne peut manquer d'être appréciée beaucoup au delà du cercle restreint des géologues de profession.

La première partie des *Études synthétiques* est consacrée aux filons

(1) 2 vol. Paris, 1879-1880 chez Dunod, 49, quai des Grands-Augustins.

métallifères et débute par le chapitre des gisements d'étain, dont M. Daubrée a été le premier à signaler les caractères fondamentaux. Non seulement l'oxyde d'étain se présente le plus souvent en amas de veinules enchevêtrées, au lieu de former des fentes bien définies et régulières comme celles où l'on rencontre les minerais de plomb ; mais encore, tandis que ces derniers n'offrent généralement aucune liaison, ni avec les terrains encaissants, ni avec les roches éruptives, l'apparition des gîtes stannifères est toujours intimement liée à celle du granite à mica blanc. Or, suivant la remarque déjà ancienne de M. Daubrée, le granite à étain est particulièrement riche en minéraux fluorés. En dehors du mica blanc fluorifère, on y observe l'apatite, la tourmaline, la topaze, et cela, aussi bien en Cornouailles, en Saxe, en Bohême, qu'en Limousin et partout où l'oxyde d'étain a été exploité. Cette association constante ayant fait naître, dans l'esprit de M. Daubrée, l'idée que le fluor avait dû servir de *minéralisateur* à l'étain, métal essentiellement rebelle aux combinaisons sulfurées ou autres, l'auteur entreprit, en 1849, de vérifier expérimentalement cette hypothèse ; seulement, la préparation et le maniement du fluorure d'étain n'étant pas choses faciles, M. Daubrée se contenta d'opérer sur le chlorure. Il reconnut ainsi qu'à la température du rouge blanc, le chlorure d'étain se laisse décomposer par la vapeur d'eau en cristaux miscroscopiques d'étain oxydé, ayant une tendance marquée à imprégner le tube poreux où se fait l'opération, absolument comme l'oxyde naturel imprègne, en Cornouailles, les parois de la roche où se sont ouvertes les fentes stannifères. Plus tard, M. Daubrée réussit à produire l'apatite par la réaction du perchlorure de phosphore sur la chaux caustique et la topaze par la réaction du fluorure de silicium sur l'alumine.

Ainsi, de cette heureuse alliance de l'expérimentation avec des observations bien conduites, ressortit ce résultat, que le minerai d'étain s'est formé à la faveur d'un dissolvant énergique dont l'action est restée fortement empreinte sur les roches encaissantes par l'abondance des minéraux fluorés.

L'isomorphisme de l'oxyde de titane avec l'oxyde d'étain permettait de croire qu'une conclusion semblable devait être appliquée aux filons titanifères, si abondants en Oisans, et où le titane oxydé est accompagné d'axinite et d'autres minéraux caractéristiques. Là encore, entre les mains de M. Daubrée, l'expérience est venue vérifier cette conjecture.

Tout autre est la manière d'être des filons plombifères, auxquels Élie de Beaumont a depuis longtemps appliqué, en raison de leur structure, le nom si bien choisi de filons *concrétionnés*. Ce sont des fentes, ouvertes dans des terrains quelconques, pouvant être beaucoup plus récents que ceux où se confine l'étain oxydé, et dont les parois sont symétriquement tapissées de matières qui n'ont cristallisé nettement que dans les cavités

ou *druses* du filon. Il est impossible d'y méconnaître le travail, longtemps poursuivi, d'eaux minérales circulant à travers les fentes de l'écorce terrestre.

Mais de quelle manière ces eaux minérales ont-elles abandonné les matériaux qu'elles tenaient en dissolution ? Un jour inattendu est venu éclairer cette question lorsque M. Daubrée a été amené à étudier, dans quelques stations thermales, les vestiges de l'occupation romaine. On lira avec le plus grand intérêt le chapitre relatif aux fouilles de Bourbonne-les-Bains, où des milliers de médailles gisaient dans une boue noire d'origine organique, tandis que, tout autour, il s'était formé des sulfures cristallisés. Les sulfates de l'eau minérale, sous l'influence réductrice de la matière organique, avaient mis en liberté de l'hydrogène sulfuré, et ce dernier, en se fixant sur le métal des médailles, avait produit des sulfures, métalliques, d'autant mieux cristallisés que l'action s'était prolongée davantage. En même temps l'eau minérale avait produit des zéolithes par l'action de la chaux des mortiers sur la silice et l'alumine des briques. Et tout cela s'était accompli à une température peu élevée, sous une pression à peine supérieure à la pression atmosphérique, sans doute sous l'influence d'actions électro-chimiques qu'explique le grand nombre des substances en présence.

Mais ce sont surtout les phénomènes mécaniques qui ont, dans ces dernières années, attiré spécialement l'attention de M. Daubrée. Sans insister sur les expériences intéressantes qu'on lui doit relativement au mode de formation des galets, des sables et du limon, arrivons de suite à ses recherches sur les déformations de l'écorce terrestre. Ce chapitre est largement développé dans les *Etudes synthétiques*, et nous y renvoyons le lecteur curieux de connaître les ingénieux appareils dont l'auteur s'est servi. Disons seulement que M. Daubrée a mis hors de doute l'influence exercée par la compression latérale sur les déformations des strates. Ainsi que l'avait indiqué James Hall, cette compression suffit pour expliquer tous les accidents que nous offrent les pays de montagnes et dont l'infinie variété peut résulter de causes diverses, analysées avec une grande sagacité par M. Daubrée. Les principales sont l'inégale répartition des charges verticales supportées par les couches soumises à la compression, et leur inégale épaisseur en divers points.

Avec les plissements se produisent des cassures et il en résulte, soit des failles avec dénivellation, soit de simples fissures. Parmi ces dernières il en est dont l'origine était restée jusqu'ici fort énigmatique : ce sont celles qui, se reproduisant dans un même massif sous la forme de joints parallèles, y constituent deux ou plusieurs systèmes conjugués, découpant les roches en parallélipipèdes parfois très réguliers. M. Daubrée a montré par l'expérience que cette structure était due à des mouvements de torsion.

En utilisant la puissante machine avec laquelle M. Tresca avait forcé des corps solides à *s'écouler* comme des liquides, M. Daubrée a reproduit, à son gré, les diverses circonstances de la schistosité des roches, jusques et y compris les déformations curieuses éprouvées dans les schistes par les fossiles, par exemple, les bélemnites tronçonnées du lias des Alpes. La structure en éventail qui caractérise le mont Blanc y a également trouvé une explication satisfaisante.

En prouvant ainsi, jusqu'à l'évidence, de quelles puissantes actions mécaniques l'écorce terrestre avait été le théâtre, M. Daubrée ne pouvait manquer d'être conduit à considérer la chaleur que ces mouvements avaient nécessairement fait naître. Quand deux feuillets glissent l'un sur l'autre, il en résulte un frottement et, par suite, un échauffement notable ; l'eau, dont toute roche est imprégnée, est alors volatilisée sous pression : or les expériences de l'auteur ont montré que l'eau surchauffée attaque le verre en donnant naissance à des cristaux de quartz. Cette cause, d'origine mécanique, suffit donc à expliquer le *métamorphisme*, c'est-à-dire la transformation des calcaires en marbres, des grès en psammites ou en quartzites et des argiles en phyllades. Autrefois, on avait coutume d'attribuer le métamorphisme à l'influence calorifique des roches éruptives ou à celle des vapeurs dégagées lors de leur sortie. Ce ne sera pas un des moindres mérites des travaux de M. Daubrée que d'avoir définitivement écarté ces hypothèses en y substituant une théorie conforme, à la fois, aux lois de la thermodynamique et à tous les résultats de l'observation ; car on sait aujourd'hui que le métamorphisme, c'est-à-dire l'état cristallin des roches sédimentaires, se développe en proportion même des contournements et des dislocations que les couches ont subis dans les pays bouleversés.

L'histoire des *météorites* tient, dans le livre de M. Daubrée, une place qui n'étonnera personne parmi ceux qui suivent les travaux du savant professeur. On sait qu'il a créé au Muséum une très belle collection de ces curieux échantillons du monde planétaire, et qu'il s'est attaché à reproduire artificiellement leurs principaux caractères. Ces expériences sont rappelées, avec figures à l'appui, dans la seconde partie des *Études synthétiques*. Elles ont eu ce résultat, en apparence inattendu, d'éclairer d'un jour remarquable la géologie des couches profondes de notre globe. En effet, ce qui caractérise ces couches, dont la connaissance nous est fournie par les épanchements de roches basiques modernes, ce sont les silicates magnésiens et notamment l'enstatite et le péridot, ou leur produit d'altération, la serpentine, associés avec le fer oxydulé et le fer chrômé.

Or les météorites oscillent, comme l'a montré M. Daubrée, autour de deux types : le type métallique, constitué par le fer natif, allié au nickel, au phosphore et au soufre ; et le type pierreux, formé par un

mélange d'enstatite et de péridot. Ce mélange est confus dans les météorites pierreuses naturelles ; mais il devient distinct et cristallisé quand on les soumet à la fusion.

Donc, en réalité, les roches magnésiennes de l'écorce terrestre diffèrent surtout de la substance des météorites par la cristallinité plus grande de leurs éléments et par la substitution du fer oxydulé au fer natif. Par là, M. Daubrée a été amené à penser qu'en soumettant à une *fusion réductrice* des roches magnésiennes terrestres, telles que la lherzolithe des Pyrénées, on obtiendrait quelque chose d'analogue aux météorites. L'expérience a donné raison à cette induction et il s'est produit, avec l'enstatite et le péridot, des grains de fer nickelé. De plus, M. Daubrée a constaté que la structure réticulée, si particulière aux fers météoriques, et qui se traduit, sous l'action des acides, par l'apparition des figures dites de Widmanstätten, était le résultat de la cristallisation du phosphure de fer au milieu de la masse métallique, en sorte que la fusion la fait disparaître.

En résumé, les roches magnésiennes et les météorites ont une origine commune ; elles résultent d'une *scorification* du fer et du magnésium. Seulement, dans le premier cas, cette scorification, faite dans un milieu oxydant, a amené la transformation du fer en magnétite ; tandis que les météorites se sont évidemment formées au milieu d'une atmosphère réductrice.

Le péridot et les minéraux congénères peuvent donc être regardés, suivant l'expression de M. Daubrée, comme une *scorie universelle*. Ainsi se justifie l'ancienne hypothèse d'Humphry Davy, pour qui la croûte silicatée de notre globe était le résultat de l'oxydation des métaux légers et inflammables du noyau planétaire primitivement fondu.

Les influences réductrices ont pu d'ailleurs s'exercer aussi sur notre globe, dans certaines conditions exceptionnelles, et c'est ainsi que pourrait s'expliquer la présence, dans le basalte, des grandes masses de fer natif récemment découvertes au Groënland par Nordenskjoeld.

Les *cupules* ou cavités que présente la surface des météorites ont été reproduites artificiellement par M. Daubrée, en soumettant à l'action de substances explosives des masses d'acier renfermées dans un espace clos. Ainsi ces cupules résulteraient d'une sorte de *taraudage* exercé par le tourbillonnement de l'air que les météorites déplacent en vertu de leur vitesse vertigineuse, et c'est à cette même action qu'il faudrait attribuer l'éclatement, improprement appelé explosion, de ceux des bolides qui n'atteignent le globe terrestre qu'à l'état de fragments.

Nous devons nous borner à cette courte analyse. Puisse-t-elle inspirer à beaucoup de personnes le désir de lire un ouvrage où tant de questions importantes sont abordées avec une hauteur de vues peu commune !

A. de Lapparent.

II

Programa de las Lecciones de Matematicas que explica en el Instituto provincial de segunda Enseñanza de Valencia el Dr. D. Antonio Suarez y Rodriguez. Primer Curso. Valencia, 1877. Alufre 240 p. in-8°.

I. L'ouvrage du Dr Suarez dont nous venons de transcrire le titre et dont nous nous proposons de faire connaître les idées fondamentales aux lecteurs de la Revue ne ressemble guère à la plupart des livres élémentaires publiés, dans ces derniers temps, en France, en Allemagne ou en Angleterre. Le seul dont il semble qu'on puisse le rapprocher, c'est le premier volume des *Elemente der Mathematik* de Baltzer. Au premier abord, les matières traitées semblent à peu près les mêmes : l'un et l'autre contiennent, dans un ordre systématique, l'arithmétique et l'algèbre élémentaires avec quelques aperçus sur des parties plus élevées des mathématiques, telles que la théorie des équations indéterminées du second degré et les principes fondamentaux de l'analyse algébrique. Au point de vue de la forme, les deux ouvrages ont aussi une certaine ressemblance : l'un est un *résumé* aussi succinct que possible, où bien des démonstrations ne sont qu'ébauchées, l'autre un *programme* où souvent un titre d'alinéa ou de paragraphe indique seul au lecteur dans quel ordre l'auteur entend grouper les idées dont il s'occupe.

Mais là s'arrêtent les analogies, en réalité tout extérieures, entre le livre du professeur espagnol et celui du savant allemand. Les *Elemente* de Baltzer constituent un compendium extrêmement concis où sont condensées toutes les questions relatives à l'arithmétique et à l'algèbre élémentaires, avec une foule d'indications historiques précieuses. Mais, tout considéré, il n'est remarquable, ni au point de vue de l'arrangement des matières, ni sous celui de la rigueur des déductions. Il témoigne de l'érudition de l'auteur plus que de ses aptitudes philosophiques. C'est précisément par les qualités inverses que se distingue le programme du Dr Suarez. Une conception logique domine son livre et lui donne l'unité qui manque à celui de Baltzer comme à tant d'autres. Tandis que presque tous les manuels de mathématiques élémentaires séparent complètement l'arithmétique et l'algèbre, et traitent à peine de leurs applications aux questions de la vie sociale, le Dr Suarez signale, dès le début, l'union intime de ces deux sciences en une seule doctrine, comme un desideratum de l'enseignement approfondi des mathématiques, et il fait ressortir l'importance pratique de l'une et de l'autre, comme auxiliaires tant des sciences physiques que des sciences sociales. Il fait remarquer aussi l'influence que l'esprit de déduction rigoureuse,

auquel habituent les mathématiques, a eu de nos jours dans l'étude des sciences abstraites, philosophiques et morales. En un mot, le Programme tout entier est le développement de cette pensée fondamentale : l'arithmétique et l'algèbre, ainsi que leurs applications usuelles, peuvent être exposées de manière à faire ressortir plus qu'on ne le fait d'ordinaire l'unité essentielle de cette partie élémentaire des mathématiques pures.

Est-ce à dire que, dans le Programme, à force de chercher l'unité, l'auteur ait tout confondu? Non évidemment. Tout ouvrage suppose une division de la matière traitée, mais on peut, plus ou moins, indiquer les liens naturels existant entre des théories analogues. Le Dr Suarez, autant que possible, expose simultanément les questions semblables en arithmétique et en algèbre, mais il les sépare quand il le faut bien, sauf à en signaler les points de contact, et à mettre dans une pleine évidence, dans des remarques spéciales, ce caractère des mathématiques modernes d'étendre sans cesse la signification des symboles, tout en veillant à ce qu'ils conservent les mêmes propriétés formelles que lorsqu'ils avaient leur sens le plus restreint, le plus particulier.

II. Les deux leçons préliminaires de l'ouvrage contiennent les idées générales que nous venons d'esquisser et traitent, en outre, de l'objet et de la division des sciences mathématiques.

Les onze leçons suivantes ont le titre commun *Notions* (dans le sens propre du mot). On y trouve la plupart des définitions, des notations et des lois formelles relatives aux diverses opérations du calcul arithmétique ou algébrique. Voici l'indication des matières de chaque leçon : Principes du calcul ; opérations directes et opérations indirectes ; opérations que l'on peut faire sur les deux membres d'une égalité ou d'une inégalité ; nomenclature et notation numériques ; propriétés du système décimal, approximations; numération romaine ; système métrique.

Avec la quatorzième leçon commence la première des quatre grandes divisions de l'ouvrage, division à laquelle l'auteur donne le titre général *Calcul*. A première vue, on croirait qu'il ne s'écarte guère du plan général de ses devanciers, car on retrouve ici, comme partout, des sections successives consacrées à l'addition, à la soustraction, à la multiplication, à la division, à l'élévation aux puissances et à l'extraction des racines ; mais en y regardant de plus près, on s'aperçoit qu'il y a une foule d'innovations heureuses. En premier lieu, à propos des diverses opérations directes, il fait remarquer les lois générales dites loi associative, loi commutative, loi distributive, qui permettent d'étendre si facilement certaines formules à des opérations transcendantes radicalement distinctes de celles qui sont considérées en algèbre. Ensuite, les divers cas de chaque opération arithmétique sont rapprochés des cas analogues de l'opération algébrique correspondante, ce qui fait pénétrer le lecteur au fond de l'une et l'autre. En particulier, tous les pro-

cédés élémentaires de calcul souvent inconscients (l'usage des compléments, par exemple, en calcul mental ; l'emploi des parties aliquotes, etc.) sont rattachés explicitement à leurs principes. En troisième lieu, diverses questions que l'on sépare d'ordinaire de l'étude des opérations fondamentales sont traitées ici à leur place logique (divisibilité et théories qui s'y rattachent, à propos de la division). En quatrième lieu, quand cela est nécessaire, l'auteur ne craint pas d'aborder certaines théories supérieures, lorsqu'il veut élucider complètement tel ou tel chapitre d'arithmétique élémentaire ; ainsi, par exemple, les notions sur les congruences lui servent à exposer plus à fond qu'on ne le fait d'ordinaire la théorie des fractions périodiques ; de même, une étude du binôme précède les leçons relatives aux puissances et aux racines quelconques. Enfin, à chaque occasion, les applications de chaque opération sont indiquées avec soin. L'auteur fait aussi ressortir l'utilité des tables numériques de nombres premiers, de diviseurs, de puissances, de racines.

La seconde grande division du livre comprend les *Permutations* et les *Déterminants* (la *Combinatorik* des Allemands). Les quinze leçons qui sont consacrées à ces deux théories constituent un petit traité très bien fait où les principes sont particulièrement mis en lumière, les applications trop spéciales étant plus ou moins reléguées à l'arrière-plan, sans pourtant être négligées. L'auteur s'est évidemment préoccupé, à propos des déterminants (carrés ou rectangulaires), d'en faire bien saisir la définition et les propriétés fondamentales, sans recourir comme Salmon, Brioschi et plusieurs autres, à des propriétés prétendues évidentes, au fond équivalentes aux théorèmes à démontrer. Une foule de détails de cette partie de l'ouvrage prouvent que le Dr Suarez sait parfaitement quels sont les points particulièrement difficiles pour les élèves. La dernière leçon, outre les applications des déterminants aux fractions continues et à la détermination du quotient de deux polynômes, sous forme indéfinie, contient quelques notions sur les carrés magiques.

Les vingt-deux leçons suivantes portent le titre *Algorithmie*, et renferment la théorie des équations des deux premiers degrés et celles des logarithmes. Dans la première leçon, se trouvent toutes les notions préliminaires indispensables sur les équations déterminées ou indéterminées et sur les opérations que l'on peut leur faire subir sans en altérer les racines. L'auteur résout et discute ensuite, par diverses méthodes, et, en particulier, par les déterminants les systèmes de deux, trois, n équations ou congruences linéaires. Enfin cinq leçons sont consacrées aux questions analogues relatives aux équations du second degré et aux inégalités du premier. Ici, plus qu'ailleurs, le Dr Suarez dépasse maintes fois le cadre ordinaire des Éléments,

en particulier, à propos des congruences, afin de pouvoir étudier plus complètement des questions en apparence tout élémentaires. La seconde partie de l'Algorithmie traite des proportions, des progressions, des séries en général, et surtout des logarithmes. Les méthodes de calcul des logarithmes sont exposées avec plus de détails que dans la plupart des bons manuels ; l'auteur fait connaître les meilleures tables modernes (Thoman, Pineto, etc.) et les meilleurs procédés pour trouver les logarithmes ou les antilogarithmes avec un grand nombre de décimales. Il signale en passant l'utilité du système binaire de numération pour le calcul rapide du logarithme d'un nombre quelconque.

La dernière grande section du livre, comprenant onze leçons, a un titre quelque peu inexact, *Applications*. Bien des applications, en effet, ont été exposées à leur place naturelle dans les autres parties de l'ouvrage. L'objet propre de cette quatrième section est plutôt un exposé complet des systèmes de mesures, monnaies, et poids anciens et modernes, et un compendium d'arithmétique commerciale, dans le sens strict du mot. La leçon 90, sur les divers systèmes de numération, la leçon 100 (la dernière), sur le calcul des probabilités, auraient dû, ce nous semble, être placées dans les sections précédentes, comme aussi ce qui est relatif aux intérêts composés et aux annuités.

III. Lorsqu'on jette un coup d'œil, même superficiel, sur l'ouvrage que nous venons d'analyser, on ne peut s'empêcher de regretter que l'auteur lui ait donné la forme absolument trop concise d'un programme. Si les leçons du Dr Suarez étaient rédigées tout au long, comme cela a été fait par l'un des élèves du professeur espagnol, pour la seconde grande section (1), elles constitueraient le plus précieux manuel d'arithmétique et d'algèbre que l'on pût mettre entre les mains d'un jeune professeur pour lui servir de guide dans la pratique de l'enseignement. Quand on étudie avec soin telle ou telle des cent leçons du professeur espagnol, celle, par exemple, qu'il consacre aux fractions périodiques, ou aux tables de logarithmes, ou aux unités de temps, on reconnaît qu'il a pensé à tout, aussi bien au point de vue pratique qu'au point de vue théorique. Partout, l'on reconnaît que l'auteur domine parfaitement son sujet ; la doctrine qu'il expose est pour lui un tout harmonieux où chaque détail a sa place bien marquée et bien connue. On ne peut guère reprocher au Programme, outre sa grande concision, qu'un seul défaut, c'est de n'avoir pas consacré une leçon spéciale à la méthode des limites. Cependant, qu'on le remarque bien, chaque fois

(1) *Lecciones de Coordinatoria con las Determinantes y sus principales aplicaciones*, explicadas en el Instituto de Valencia por el Dr. D. Antonio Suarez, redactadas y publicadas por el Dr. D. Luis G. Gascó. Valencia, P. Aguilar. (Deux livraisons ont paru ; 180 p. in-8°).

que l'auteur touche aux questions où l'emploi de cette méthode est indispensable, il montre assez qu'il connaît bien les difficultés spéciales à ces questions et, sans doute, dans son cours, elles sont traitées avec l'attention qu'elles méritent.

Maintenant, de quel usage peut être dans les classes un livre comme celui du Dr Suarez. Évidemment, puisque ce n'est qu'un programme, il suppose d'abord un enseignement oral qui l'explique et le développe. Mais il y a plus : selon nous, même le cours complet dont il est le sommaire ne pourait être mis entre les mains d'élèves qui commencent l'étude théorique des mathématiques (1). De pareils élèves n'en saisiraient pas l'unité qui en est le caractère propre. Dans un premier enseignement, il faut, en général, autant que faire se peut, se rapprocher de l'ordre d'invention. Comme l'esprit humain, dans la suite des âges, chaque jeune intelligence doit conquérir peu à peu les vérités particulières avant d'arriver aux vérités générales qui les contiennent. Autre est donc l'époque où l'élève peut comprendre l'arithmétique, autre celle où il saisit sans peine les premières notions d'algèbre, autre encore celle où l'on peut lui proposer l'étude complète du programme du Dr Suarez, qui montre l'unité de ces deux sciences.

Selon nous, ce n'est guère qu'en philosophie (ou en première scientifique, en Belgique ; dans la classe de mathématiques spéciales, en France) que l'on peut étudier avec fruit les mathématiques élémentaires d'après les idées du professeur espagnol ; ce n'est guère qu'alors qu'on peut trouver plaisir et profit à approfondir chacune des questions traitées en arithmétique et en algèbre, à en saisir les rapports mutuels, à en connaître tous les tenants et aboutissants. Les mathématiques ne servent qu'à exercer les élèves à la déduction logique, tant qu'ils ne sont pas dans la dernière classe des collèges ; mais, au moment où ils vont aborder (ou devraient aborder) les études philosophiques, on peut leur montrer (et il importe de le faire) ce que c'est qu'une science rationnelle, sur un exemple simple, à propos des mathématiques élémentaires. Avec un guide, comme le programme du Dr Suarez, un étudiant de dix-sept à dix-huit ans, peut saisir parfaitement la différence qu'il y a entre les connaissances vulgaires et les connaissances scientifiques, entre celles qui sont reliées entre elles au hasard, et celles où chaque question est

(1) Nous recevons à l'instant même un exemplaire du programme de l'Institut de Valence, qui prouve que le Dr Suarez partage notre manière de voir. Il a organisé dans cet établissement, dont il est le directeur, deux cours préparatoires l'un d'arithmétique et d'algèbre, l'autre de géométrie, et tous deux plutôt pratiques que théoriques. C'est seulement après ces deux cours, que les élèves abordent l'étude des mathématiques d'après le programme du Dr Suarez.

rattachée à son principe, et aux questions subordonnées ou coordonnées. Le programme du professeur espagnol nous semble donc l'esquisse du cours de mathématiques qui convient à des élèves de philosophie, pour couronner leurs études moyennes.

Est-ce à dire qu'il ne peut pas être utile, jusqu'à un certain point, dans les classes inférieures, au moins aux professeurs. Non certes ! Il n'est pas de programme d'enseignement, où l'on ne rencontre, à propos de chaque branche, l'indication suivante : Révision sommaire des matières étudiées pendant l'année antérieure. Eh bien, dans cette œuvre de révision, on peut procéder d'une manière plus ou moins intelligente, on peut s'en tenir à la lettre du programme ou l'interpréter sagement. Prenons un exemple. Dans une classe déterminée, on a enseigné, par exemple, l'arithmétique élémentaire théorique ; dans la classe suivante, le programme porte : Révision des principales questions du cours d'arithmétique; algèbre élémentaire jusqu'aux équations du premier degré, etc. Au lieu d'exécuter à la lettre ce programme, ne vaut-il pas mieux résumer rapidement ce qui a trait à l'addition et à la soustraction en arithmétique, pour aborder les mêmes questions en algèbre, puis revenir à la multiplication arithmétique et la faire suivre de la multiplication algébrique, et continuer de cette manière l'enseignement simultané des deux sciences ? N'est-il pas évident que l'algèbre introduite ainsi en arithmétique en éclairerait bien des détails et, en particulier, ferait voir que les procédés du calcul mental, si artificiels en apparence, se rattachent en réalité à des principes généraux Inutile de dire que l'on ne pourra néanmoins étudier chaque question d'une manière complète avec des élèves qui commencent le cours d'algèbre, et que l'année suivante l'on devra encore y revenir pour les creuser plus à fond.

Le programme du Dr Suarez peut donc être employé comme texte d'un cours approfondi de mathématiques élémentaires, dans la classe supérieure des collèges ; dans les classes moins élevées, entre les mains d'un professeur intelligent, elle peut lui servir de guide pour l'aider à faire saisir aux élèves, à chaque occasion, les liens qui rattachent les questions analogues en arithmétique et en algèbre. De toute manière, c'est un livre remarquable, original par son plan et par bien des détails, que nous recommandons à tous les amateurs sérieux de méthodologie mathématique.

P. Mansion.

Anvers, 26 août 1880.

III

Cours de calcul infinitésimal, par J. Hoüel, professeur de mathématiques pures à la faculté des sciences de Bordeaux. Tome I. Paris, Gauthier-Villars, 1878. xvi-508 p. in-8°. Prix : 15 fr. (1).

Le remarquable traité d'analyse infinitésimale dont M. Hoüel vient de faire paraître le premier volume est, en grande partie, la reproduction de ses leçons autographiées, publiées en 1871 et 1872, à un petit nombre d'exemplaires. L'ouvrage que nous annonçons ici est donc en réalité une seconde édition, revue et augmentée, de ce cours de calcul différentiel et de calcul intégral, qui n'avait reçu qu'une publicité restreinte.

Il est divisé en six livres précédés d'une introduction assez étendue. L'introduction contient un exposé des diverses parties de l'algèbre utiles dans la suite. Des six livres, les deux premiers traitent respectivement des principes fondamentaux et des applications analytiques du calcul infinitésimal ; les quatre derniers seront consacrés aux applications géométriques, aux équations différentielles, aux fonctions d'une variable complexe et à la théorie des fonctions elliptiques.

Le premier volume comprend l'introduction et les deux premiers livres. C'est le seul dont nous allions nous occuper, pour faire connaître en quoi il diffère de la foule des manuels d'analyse infinitésimale. Nous nous aiderons, en maints endroits, dans notre analyse, de l'excellente préface dont l'auteur a fait précéder son livre.

Introduction (1-102). Ch. i. *Considérations générales. Notions sur le calcul des opérations* (1-17). Dès le début du premier chapitre de l'introduction, le lecteur est introduit dans un cercle d'idées très différent de celui que l'on rencontre d'ordinaire au commencement d'un cours d'algèbre ou de calcul différentiel. Ce chapitre contient, en effet, « les principes généraux du calcul des opérations considérées au point de vue le plus abstrait, indépendamment de leur nature intrinsèque et de celles des quantités qui leur sont soumises et en ayant égard uniquement à leurs propriétés combinatoires. » Ces notions « sont indispensables pour le lecteur qui veut se familiariser avec les considérations d'un degré d'abstraction de plus en plus élevé qu'exigent les progrès de l'analyse à mesure que l'objet de ses recherches devient de plus en plus compliqué. » La méthode suivie est celle de Hankel, à part les notations qui sont celles de Grassmann. Ces notations se prêtent « facilement à la

(1) L'ouvrage comprendra quatre volumes.

généralisation, parce qu'elles ne rappellent par leur forme aucune des notations usuelles, tout en permettant de conserver aux calculs la disposition à laquelle on est habitué. » M. Hoüel nous semble avoir parfaitement exposé les bases du calcul des opérations dans les dix-sept pages substantielles qui forment son premier chapitre ; mais le sujet est tellement abstrait que, peut-être, les jeunes lecteurs trouveront un peu trop difficile cette rude entrée en matière. N'aurait-il pas mieux valu procéder du particulier au général, comme dans le chapitre suivant? Au n° 15, p. 27, ligne 10, il nous semble que les mots *il faut* doivent être supprimés.

Ch. II. *Généralisation successive de l'idée de quantité* (18-50). Ce chapitre se rattache intimement au premier : il contient une théorie complète et irréprochable, pensons-nous, des quantités négatives et des quantités imaginaires, basée sur le calcul général des opérations d'une part, la représentation géométrique de ces quantités, d'autre part. Il y a de plus, dans ce même chapitre, des indications beaucoup plus sommaires, trop sommaires peut-être, sur l'extension des règles du calcul des quantités commensurables aux quantités incommensurables. Sur deux points, nous sommes en désaccord avec l'auteur. La définition de la convergence des séries (n° 72, p. 39) nous semble peu satisfaisante ; nous remarquons aussi que l'auteur y emploie les mots *infiniment petit*, *infiniment grand*, qui ne sont définis qu'au n° 159, p. 105. La démonstration du théorème fondamental de l'analyse algébrique, esquissée d'après Cauchy, aux n°s 84-88. pp. 47-50, est incomplète. Comme l'ont remarqué Servois, Cayley et Darboux, il ne suffit pas de prouver que z variant d'une certaine manière, fz a un module décroissant sans cesse, il faut encore établir que ce module a pour limite zéro et que la valeur correspondante de z tend aussi vers une limite déterminée.

Ch. III. *Notions élémentaires sur la théorie des déterminants* (51-102). Ce chapitre, comme le reconnaît l'auteur, est un peu un hors-d'œuvre dans l'ouvrage : mais « il avait été rédigé à une époque où la théorie des déterminants n'avait pas encore acquis le droit de bourgeoisie dans notre enseignement élémentaire. » M. Hoüel l'a conservé pour la commodité du lecteur, qui a ainsi sous la main toutes les propositions de cette théorie invoquées dans la suite du traité. Il contient, en effet, toutes les propriétés fondamentales des déterminants, jusques et y compris la multiplication, puis les applications à la résolution des équations linéaires et à l'élimination entre deux équations de degré quelconque, par la méthode dialytique. Les démonstrations sont très simples et très claires. Nous signalons, comme particulièrement réussie, celle du théorème : « On peut changer les lignes en colonnes et les colonnes en lignes » (n° 102, p. 60) qui est défectueuse dans tant de traités sur la matière. Une petite critique. Dans la définition d'un déterminant, n° 97,

p. 58, il faut dire : les permutations *de même classe* que le terme principal (et non les permutations *paires*) ont le signe +, les autres (et non les *impaires*) le signe —; on est forcé, en effet, de considérer des déterminants où les indices des éléments qui entrent dans la diagonale principale forment une permutation impaire de 1, 2, 3, .. , n.

Livre premier. Principes fondamentaux du calcul infinitésimal (103-274). L'auteur caractérise lui-même, dans la préface, la méthode qu'il a suivie dans son premier livre, fondement de tous les autres. « Le premier livre traite des principes du calcul infinitésimal. J'ai renoncé à la division de l'analyse supérieure en *Calcul différentiel* et en *Calcul intégral* ; cette division ne m'a pas paru fondée sur le degré de difficulté de ces deux branches dont le point de départ est le même, et elle présente l'inconvénient de priver du secours mutuel que se prêtent dès le début les deux opérations, inverses l'une de l'autre, de la différentiation et de l'intégration. Enfin l'étude simultanée des premiers éléments des deux calculs permet à l'étudiant d'arriver plus vite à s'exercer sur les applications les plus variées du calcul à la géométrie et à la mécanique.

» En ce qui touche la méthode d'exposition des principes du calcul infinitésimal, il n'y avait pas, en réalité, de choix à faire ; il n'existe qu'une seule méthode rigoureuse, de quelque forme qu'on la revête et quelque nom qu'on lui donne, qu'on l'appelle *méthode des infiniment petits* ou *méthode des limites :* c'est la méthode de Cauchy et de Duhamel » basée essentiellement sur le *principe de substitution des infiniment petits.*

« Dans l'exposition des principes, j'ai fait un continuel usage de la représentation géométrique, qui donne aux raisonnements abstraits une forme intuitive plus facile à suivre. Mais il faudrait bien se garder de confondre cet usage des *notations* géométriques avec une methode de demonstration fondée sur les principes propres à la géométrie pure. Dans nos raisonnements, *la courbe qui représente une fonction n'existe qu'en vertu des propriétés de la relation analytique qui définit cette fonction* et c'est comme une conséquence de ces propriétés que l'on peut concevoir » l'existence d'une tangente à cette courbe.

L'auteur s'est partout efforcé, comme on peut le prévoir d'après cette citation empruntée à la préface, d'introduire dans l'exposé des principes de l'analyse toute la rigueur que comporte l'état actuel de la science. En général, il y a réussi ; toutefois çà et là, nous aurons quelques réserves à faire, comme on le verra dans notre examen critique des divers chapitres de l'ouvrage.

Chapitre I. *Des fonctions et de la continuité. Infiniment petits et infiniment grands. Limites. Substitution des infiniment petits* (103-139). Le premier chapitre du calcul infinitésimal proprement dit traite tout au long, comme l'indique le titre, de la méthode des limites et de la méthode

des infiniment petits. M. Hoüel expose avec le plus grand soin les principes sur lesquels il va s'appuyer constamment dans la suite. Sans s'éloigner au fond de Duhamel, il approfondit un peu davantage plusieurs notions fondamentales ; par exemple, celle de la continuité, à propos de laquelle il donne la belle démonstration de Cauchy du théorème : Une fonction continue fx de $x = a$ à $x = b$, passe par toutes les valeurs intermédiaires entre fa et fb; puis celle des divers ordres d'infiniment petits, où il se rattache encore à Cauchy plutôt qu'à Duhamel. C'est dans ce chapitre aussi qu'il expose les principes qui servent de base à l'extension du calcul des nombres commensurables aux nombres incommensurables. Selon nous, ce dernier sujet aurait dû être être traité plus minutieusement encore pour être complètement élucidé. Voici maintenant quelques observations de détail. Au n° 159, p. 105, il aurait fallu préciser la définition de la limite d'une variable X, en disant que $(X - \lim X)$ devient et *reste* aussi petit que l'on veut, comme l'auteur l'a fait à propos de la continuité. La notion *de fonctions possédant les mêmes propriétés que les fonctions analytiques*, n° 156, p. 104, et celle de *valeur critique* des variables, n° 176, p. 120, ne nous semblent pas susceptibles d'être utilisées, parce qu'elles manquent d'une définition bien nette. Au n° 195, p. 136, la démonstration du principe des substitutions dans les sommes d'infiniment petits, *les uns positifs, les autres négatifs*, n'est rigoureuse que si la partie positive et la partie négative de cette somme ont séparément une limite finie ; s'il en est autrement, le principe est vrai ou faux suivant les cas.

Ch. ii. *Dérivées et différentielles. Intégrales. Méthode de différentiation et d'intégration. Différentielles et dérivées partielles, leurs propriétés* (140-274). Ce chapitre, pensons-nous, est de beaucoup supérieur, *au point de vue des principes*, aux parties correspondantes des meilleurs traités d'analyse publiés en France, et *à fortiori*, en Allemagne et en Angleterre. Mais, peut-être, doit-on faire une objection au procédé d'exposition de l'auteur relativement aux notations employées. De propos délibéré, M. Hoüel est revenu à celles de Duhamel dans la première édition de son *Cours d'analyse*, et abandonnées par cet illustre professeur dans ses écrits ultérieurs. Les accroissements des fonctions et leurs différentielles, qui en diffèrent d'une quantité infiniment petite par rapport à elles-mêmes, sont désignées par une seule et même caractérisque, savoir le d minuscule. Les seules raisons que donne M. Hoüel de ce retour à une notation, en apparence inexacte, sont les suivantes : 1° On fait concorder le langage de l'analyse pure avec celui qui a été employé de tout temps dans les applications pratiques. 2° Il est inutile de se servir de deux notations différentes pour des quantités qui peuvent presque toujours se substituer l'une à l'autre, en analyse infinitésimale. Ces raisons ne nous semblent pas absolument convaincantes. En premier lieu, le lan-

gage approximativement vrai, usité encore aujourd'hui en géométrie, en mécanique et en physique mathématique, où l'on confond à plaisir accroissements et différentielles, n'a pas peu contribué à y acclimater des démonstrations sans rigueur et à obscurcir maintes notions très simples, comme nous pourrions le montrer au besoin. Ensuite, quoi de plus simple, dans l'enseignement, que d'employer *deux* noms (accroissement et différentielle) et *deux* notations (Δ, d), pour désigner *deux* quantités différentes, sauf à dire, une fois pour toutes, qu'en général, dans les limites de sommes arithmétiques et de rapports, Δ peut être remplacé par d ? Le signe Δ, il est vrai, est employé en calcul des différences, mais au fond, il y a la même signification qu'en analyse infinitésimale M. Hoüel, qui n'a pas voulu distinguer entre les mots *accroissement* et *différentielles*, a dû introduire le terme beaucoup moins commode *de partie principale de la différentielle*, pour ne pas confondre $f'x\ dx$, avec $f(x+dx) - fx$. Çà et là, par exemple, n° 218, p. 154, n° 294, p. 232, n°s 305 et suivants, pp. 243 et suivantes, l'absence de notations distinctes pour les accroissements et les différentielles a nui quelque peu à la clarté de l'exposition. Nous espérons donc que, dans une édition subséquente, M. Hoüel en reviendra aux notations de Cauchy, au moins dans les endroits où il y a intérêt à bien distinguer Δfx de dfx.

Voici maintenant quelques points spéciaux, où nous trouvons plus ou moins à redire. 1° Au n° 200, p. 142, n'aurait-il pas fallu définir explicitement la dérivée y' de y, fonction de x, quand y, ou x, devient infini ? Le lecteur, il est vrai, habitué déjà à donner à l'expression d'*infini*, un sens conventionnel bien précis, suppléera sans doute aisément au silence de l'auteur. 2° La première démonstration n°s 206 et 207, pp. 148-150 du théorème fondamental $fX - fx_0 = \text{Lim}\,S\ f'x dx$ (de x_0 à X) est fondée sur les inégalités $f(x+dx) - fx - f'x dx < \varepsilon\, dx$, $fX - fx_0 - S\ f'x\ dx < \varepsilon\,(X - x_0)$, ε étant donné d'avance et aussi petit qu'on le veut. Elle ne nous semble pas satisfaisante, parce que si ε est donné, les dx peuvent aller en décroissant indéfiniment lorsqu'on passe de x_0 à des valeurs plus grandes ; dès lors, on n'est pas sûr de pouvoir arriver jusqu'à X, en ajoutant les dx successifs à x_0, et la seconde inégalité ne peut se déduire de la première. La seconde démonstration (1), n° 208, p. 148, est probablement entachée d'un vice analogue et suppose implicitement démontrée l'*égale* continuité des fonctions continues (2). Nous ne propo-

(1) Nous avons publié la même démonstration, en 1876, dans notre opuscule intitulé *Leçons d'analyse infinitésimale*, p. 18 (Gand 1876).

(2) Si fx est continu de x_0 à X on peut trouver pour chaque valeur x_r de x, de x_0 à X, une valeur $\pm h_r$ de dx, telle que pour cette valeur h_r et pour outes les valeurs plus petites, on ait en valeur absolue $f(x_r + h_r) - f(x_r)$

sons pas néanmoins de supprimer des cours d'analyse ces démonstrations incomplètes ; car elles conduisent naturellement à la découverte du théorème et préparent le lecteur à la pleine intelligence des démonstrations plus rigoureuses, mais moins simples et moins naturelles. 3° Au n° 248, p. 177, M. Hoüel admet, peut-être sans démonstration suffisante, pour le cas spécial considéré, qu'une sécante à une courbe $y = Fx$, telle que $F'x$ est continue, devient une tangente à cette courbe en se transportant parallèlement à elle-même. Il est probable que le raisonnement de ce n°, rendu plus précis, ne diffère guère de celui du n° 209, p. 150. 4° Au n° 254, p. 182, il aurait fallu dire un mot de la continuité des fonctions implicites, présupposée pour établir les règles de la dérivation. 5° Après le n° 281, p. 208, l'auteur aurait pu étendre les règles du calcul infinitésimal à *toutes* les fonctions élémentaires, que *la variable soit réelle ou imaginaire*. La méthode d'exposition de l'auteur lui aurait permis de prouver aisément que $Dz^n = nz^{n-1}\,dz$, quand z est de la forme $x + y\sqrt{-1}$. Ensuite, en définissant e^z par l'égalité

$$e^z = e^x (\cos y + \sqrt{-1} \sin y),$$

on trouve que

$$\lim \frac{e^z - 1}{z} = 1,$$

pour $z = 0$ (1), résultat d'où l'on déduit De^z, Dlz, $D \sin z$, etc. 6° n° 293, ex VII, p. 229. La détermination des dérivées successives de $y = [x : (e^x - 1]$, pour $x = 0$, n'est pas rigoureuse, parce que l'on suppose à priori que y', y'' etc., ne sont pas infinis. 7° Le théorème du n° 296, p. 233, et tout ce qui en dépend ne nous semble pas démontré comme il le faudrait. Comme ce point est important, que Duhamel, *Calcul infinitésimal*, I, n° 195, a employé à peu près le même raisonnement que M. Hoüel et qu'il nous semble insuffisant, nous entrerons ici dans quelques détails. Le théorème a l'énoncé suivant : Soit $\varphi(x, \alpha)$ *une fonction des deux variables indépendantes x et α continue par rapport à x* [c'est-à-dire, pour toute valeur fixe de α], *pour toute valeur de x comprise dans l'intervalle de x_0 à X*], *et pour toute valeur de α voisine de*

$< k$, k étant donné d'avance. Thomae a prouvé qu'on peut choisir pour h, une valeur *unique* assez petite h, la même pour toutes les valeurs de $x_0 + \varepsilon$ à $X - \varepsilon$, (ε étant aussi une quantité aussi petite qu'on le veut, donnée d'avance), telle que $f(x \pm \theta h) - fx < k$, pour toutes les valeurs de θ de 0 à 1. On peut énoncer ce théorème en disant qu'une fonction continue de x_0 à X, est continue *également* entre ces limites. Il nous semble probable que l'on s'appuie implicitement sur ce théorème chaque fois que l'on considère les valeurs en nombre infini d'une fonction entre deux valeurs de la variable.

(1) Voir notre *Résumé du Cours d'analyse infinitésimale de l'Université de Gand*, p. 16 (Gand, 1877).

zéro [c'est-à-dire, pour toute valeur fixe de x], *et ayant pour toutes ces valeurs une dérivée finie et déterminée* $\varphi'(x, \alpha)$ *par rapport à* x. *Si, de plus, la fonction* $\varphi(x, \alpha)$ *est, quel que soit* x, *infiniment petite en même temps que* α, *sa dérivée* $\varphi'(x, \alpha)$ *sera aussi, quel que soit* x, *infiniment petite en même temps que* α. En premier lieu, considérons un exemple particulier. Soit $x_0 = 0$, $X = 1$, $\varphi(x, \alpha) = \alpha e^{-\frac{x}{\alpha^2}}$. On aura $\varphi' = -\frac{1}{\alpha} e^{-\frac{x}{\alpha^2}}$. La fonction φ satisfait à toutes les conditions du théorème ; néanmoins pour $x = 0$, $\varphi' = -\frac{1}{\alpha}$, quantité infiniment grande si α est infiniment petit. Il faut donc introduire dans l'énoncé du théorème, la restriction suivante : $\varphi'(x, \alpha)$, ENTRE x_0 *et* X, *sera aussi infiniment petite*. En second lieu, la démonstration du théorème ne paraît pas suffisamment probante. La voici en substance. Étant donnée d'avance une quantité ε aussi petite qu'on le veut, on peut, pour toute valeur de x comprise entre x_0 et X, déterminer une valeur de α, fonction de x et de h, telle que $\varphi(x, \alpha) < \frac{1}{2} h$, $\varphi(x + h, \alpha) < \frac{1}{2} \varepsilon h$. On déduit de là, en représentant par $M\varphi'(x, \alpha)$, une quantité intermédiaire entre la plus grande et la plus petite valeur de φ', de x à $x + h$,

$$\varphi(x + h, \alpha) - \varphi(x, \alpha) < \varepsilon h,$$
$$h M\varphi'(x, \alpha) < \varepsilon h,$$
$$M\varphi'(x, \alpha) < \varepsilon.$$

L'une des valeurs de $\varphi'(x, \alpha)$, au moins, est donc plus petite que ε, dans l'intervalle de x à $x + h$. Le même raisonnement peut se répéter pour tout intervalle h, entre x_0 et X. Il semble donc que l'on puisse appliquer à $\varphi'(x, \alpha)$, le théorème énoncé n° 175bis, p. 117-118, et conclure que l'on a, pour toute valeur de x, entre x_0 et X, $\varphi'(x, \alpha) < \varepsilon$. Mais il n'en est rien. Dans ce n° 175bis, la fonction considérée ne contient pas un paramètre variable avec h et x, tel qu'est α dans $\varphi'(x, \alpha)$ (1). Si α prend successivement les valeurs $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \ldots$, on n'a pas affaire à *une* fonction $\varphi'(x, \alpha)$, mais à *plusieurs* $\varphi'(x, \alpha_1)$, $\varphi'(x, \alpha_2)$, $\varphi'(x, \alpha_3), \ldots$, et, par suite, le théorème du n° 175bis ne peut pas être

(1) Voici l'énoncé de ce théorème du n° 175bis : « Si l'on peut établir que dans toute portion h de l'intervalle $X - x_0$, où fx est continue, on a au moins une fois $A < fx < B$, A et B étant deux constantes données, on aura $A < fx < B$, pour toutes les valeurs de x comprises entre x_0 et X. » Pour démontrer ce théorème, on est forcé de faire décroître h indéfiniment.

invoqué. — Les nos 297, p. 234, 306, p. 244, 310, p. 248, nous semblent manquer aussi de démonstration suffisante, parce que l'on s'y appuie explicitement sur le n° 296.

Après ces observations, que nous soumettons au savant auteur (la matière est si délicate, qu'en critiquant autrui, l'on craint toujours de tomber soi-même dans l'erreur), nous appellerons l'attention du lecteur sur quelques points où l'ouvrage de M. Hoüel est plus complet ou plus rigoureux que les manuels analogues. 1° La notion de l'intégrale définie, comme limite de somme indépendante du mode de subdivision de l'intervalle compris entre les limites, est exposée d'une manière complète ; ce qui, croyons-nous, n'a plus été fait dans aucun traité publié en France, depuis la *Statique* de l'abbé Moigno, d'après les leçons de Cauchy. 2° M. Hoüel a eu l'heureuse idée d'introduire dans les éléments les fonctions hyperboliques nos 275-278, pp. 199-203; les notations choisies sont les meilleures, croyons-nous, particulièrement pour les fonctions inverses (ArgShx, ArgChx, etc). 3° A propos du calcul des dérivées et des différentielles des divers ordres, il fait connaître les formules générales que l'on peut déduire, en cette matière, des lois du calcul des opérations (nos 286-287, pp. 215-218 ; nos 308-309, pp. 246-248); ces formules sont indispensables pour lire avec facilité maintes recherches des géomètres contemporains. 4° Un paragraphe tout entier, le douzième, nos 311-318, pp. 249-258, contient les éléments de la théorie des déterminants fonctionnels, dont on ne peut se passer dans l'étude des équations différentielles. 5° Enfin, çà et là, on rencontre de petites améliorations de détail apportées aux démonstrations classiques. Le livre premier est terminé par environ cent cinquante exercices choisis qui peuvent servir aux étudiants pour se familiariser en peu de temps avec les théories exposées dans l'ouvrage.

Livre II. *Applications analytiques du calcul infinitésimal* (275-504). Chapitre I. *Développements des fonctions en série* (275-328). Le premier chapitre du second livre est consacré au théorème de Taylor ou de Maclaurin et a ses applications au développement en série des fonctions élémentaires. Cette célèbre proposition est démontrée directement, en s'appuyant sur les mêmes idées qui ont servi à prouver le théorème de Rolle. M. Hoüel aurait peut-être pu faire ressortir davantage l'unité essentielle des diverses démonstrations en appliquant le théorème de Rolle, sous sa forme complète,

$$FX - Fx_0 = \int_{x_0}^{X} F'x\,dx = (X - x_0)\,F'x_1, \quad x_0 < x_1 < X,$$

à

$$Fx = fX - \left[fx + \frac{X-x}{1} f'x + \frac{(X-x)^2}{1.2} f''x + \cdots + \frac{(X-x)^{n-1}}{1.2\ldots(n-1)} f^{n-1}_x\right],$$

ou à $Fx - (X - x)^p P$, P étant défini par la condition $Fx_0 - (X - x_0)^p P = 0$. Quoi qu'il en soit, sur bien des points, l'auteur a amélioré l'exposition de ses devanciers. Citons quelques remarques qui nous ont frappé. 1° Si fx, $f'x, \ldots, f^n x$ sont finis et que $f^n x$ soit continu de x_0 à X, il en sera de même de fx, $f'x, \ldots, f^{n-1}_x$, et par conséquent on pourra écrire la formule de Taylor (avec un reste) pour la fonction fx (d'après n° 325, p. 277). 2° Le procédé de Machin, pour la recherche de π, est simplifié (n° 352, p. 302). 3° La théorie des séries procédant suivant les puissances croissantes de la variable est exposée avec grand soin (n°s 354-359, pp. 306-312). 4° M. Hoüel indique avec précision dans quel cas on peut recourir à la méthode des coefficients indéterminés (n 363, pp. 316). 5° Enfin la représentation géométrique de la périodicité réelle ou imaginaire de certaines fonctions simples qui termine le chapitre est très propre à préparer l'étudiant à la théorie générale des fonctions d'une variable imaginaire.

Voici maintenant les points où il nous semble que l'auteur aurait pu rendre son exposition plus complète ou plus rigoureuse. 1° Au n° 347, p. 295, on regrette de ne pas trouver la formule donnant le développement de $l(n^2 - 1) - 2ln$. 2° Aux n°s 336, p. 286, 355, p. 308, 357, p. 309, l'auteur semble admettre qu'une certaine fonction de n et de x, qui tend vers 0, pour toute valeur de x, supposée fixe, quand n croît indéfiniment, jouit de la même propriété quand n et x varient simultanément, ce qui n'est pas toujours exact, comme on peut le constater à propos de $n^2x^2e^{-n^2x}$ en faisant $nx = 1$. 3° Enfin, dans le dernier paragraphe, M. Hoüel trouve le développement de e^z, où $z = x + yi$, par multiplication des deux séries. Une forme très simple du théorème de Taylor donnée par M. Darboux (et aussi, ultérieurement, par M. Falk et par nous), conduit d'une manière très naturelle non seulement au développement de e^z, mais aussi à celui de $l(1 + z)$ et de $(1 + z)^m$.

Malgré ces petites lacunes et cette petite imperfection, le chapitre que nous venons d'analyser n'en est pas moins de beaucoup supérieur aux sections correspondantes des ouvrages de Duhamel et de Serret.

Chapitre II. *Applications analytiques du calcul différentiel* (329-389). Les applications contenues dans ce chapitre sont celles que l'on rencontre dans les autres traités, savoir la recherche de la vraie valeur des expressions de forme indéterminée, la théorie des maxima et des minima et la décomposition des fractions rationnelles. Comme dans les paragraphes

précédents, on rencontre à chaque page de petites améliorations de détail sans compter çà et là des questions qui sont traitées beaucoup mieux que dans les meilleurs manuels, par exemple, n° 404, pp. 366-399, la détermination des conditions pour qu'une fonction du second degré à n variables garde toujours le même signe, et la généralisation du procédé de décomposition des fractions rationnelles, n° 418, p. 383, n° 423, p. 389.

Sur quelques autres points, il y a au contraire à redire au point de vue de la rigueur, moins toutefois encore que dans les parties correspondantes des *Éléments* de Duhamel. Ainsi, au n° 381, p. 335, il aurait fallu compléter les recherches de Cauchy sur les expressions qui deviennent $\frac{\infty}{\infty}$, au moyen de celles de Rouquet et de Stolz. La démonstration du théorème du n° 383, p. 338 ($f'x$ devient infini en même temps que fx) est probablement insuffisante, comme aussi celle du principe fondamental de la théorie des maxima et minima (1re méthode), nos 391-393, pp. 345-348, parce qu'elle suppose que la dérivée d'une fonction croissante est positive : la dérivée est peut-être nulle, un nombre indéfini de fois dans un intervalle aussi petit qu'on le veut, où la fonction est croissante. Enfin, au n° 408, p. 372, dans l'exposé de la méthode des multiplicateurs, il aurait fallu faire la remarque suivante : la fonction auxiliaire peut n'avoir ni maximum ni minimum, quoique la fonction donnée ait l'un ou l'autre. Ainsi, la fonction $u = xy$, où $x + y - 2 = 0$, a un maximum pour $x = y = 1$, quoique la fonction auxiliaire $v = xy - \lambda(x + y - 2)$ n'ait ni maximum, ni minimum, quelque valeur que l'on donne à λ.

Chapitre III. *Intégration des fonctions explicites* (390-487). Des dix paragraphes dont se compose ce chapitre, cinq, savoir le 1er, le 2e, le 3e, le 4e et le 7e qui sont consacrés aux intégrales indéfinies, sont irréprochables au point de vue de la rigueur. Ils ne présentent rien de spécial, sauf que les questions traitées, par exemple, celles du changement de variables dans les intégrales multiples sont exposées dans toute leur généralité. Les §§ 6, 8, 9, qui contiennent la théorie et les applications de la dérivation et de l'intégration sous le signe et les propriétés des intégrales eulériennes sont défectueux comme dans tous les autres traités, selon nous. Nous pensons l'avoir établi, pour la dérivation, dans une *Note sur quelques principes d'analyse* (Annales de la Société scientifique de Bruxelles, t. III, p. 261-262) ; Cayley l'a prouvé pour l'intégration, à propos de $\int_0^\infty \sin(x^2)\,dx$, $\int_0^\infty \cos(x^2)\,dx$, dans le *Quarterly Journal of mathematics*, t. XII, p. 120. Mais les deux autres paragraphes, de beaucoup les plus étendus et les plus importants parmi ceux qui sont relatifs aux intégrales définies, nous paraissent, au contraire, extrêmement bien faits

et seront lus avec plaisir et profit par tous ceux qui s'occupent de calcul intégral. Dans le § v, intitulé *Remarques sur le passage des intégrales indéfinies aux intégrales définies* (pp. 424-443) l'auteur examine minutieusement toutes les difficultés qui se présentent quand x, y ou z deviennent infinies ou discontinues entre ou aux limites de l'intégration, y, z, x étant liés par la relation $\int y dx = z + C$. Des exemples choisis avec soin (voir, en particulier, ceux du n° 459, pp. 428-432) initient progressivement le lecteur aux divers cas de plus en plus complexes qui peuvent se présenter quand il y a ainsi discontinuité pour x, y, ou z.

Le dernier paragraphe du volume (pp. 471-487) est consacré à la belle formule de Maclaurin pour le calcul approché des intégrales définies. Au lieu de n'insérer dans son livre que les misérables apparences de démonstration qu'on rencontre jusque dans les *Éléments* de Duhamel, l'auteur a préféré donner en outre, d'après Imscheuetsky tout un petit traité des fonctions de Bernoulli, qui permet d'établir la formule d'une manière complète.

Trois cents exercices sur tous les paragraphes importants du second livre de l'ouvrage terminent le volume de M. Hoüel que nous analysons (pp. 488-504).

Le lecteur qui aura eu la patience de nous suivre jusqu'ici dans l'examen *microscopique* que nous venons de faire du Cours de M. Hoüel sera sans doute tenté de s'écrier : que de points critiqués dans ces cinq cents pages ! Cela est vrai. Mais nos critiques portent le plus souvent sur des exemples ou des théorèmes très particuliers, tandis que nous vons signalé souvent des théories, des paragraphes, ou même des chapitres entiers dignes de l'approbation de tous les géomètres. Ensuite, qu'on nous permette de le dire une dernière fois, si nous soumettions à un examen aussi rigoureux que celui qui précède, le *Cours* de M. Serret ou même les admirables *Eléments* de Duhamel, nous aurions bien plus de lacunes à signaler, nous trouverions bien plus de démonstrations dénuées de rigueur. Il n'y a que ceux qui ont tenté la même entreprise que M. Hoüel, *faire un exposé, à la fois complet, rigoureux et didactique, des principes du calcul infinitésimal, d'après l'état actuel de la science*, qui puissent se douter des difficultés qu'elle présente. Ceux-là ne s'étonneront pas de nous voir trouver encore dans le livre du savant professeur de Bordeaux un certain nombre de détails à améliorer, et ils apprécieront à leur juste valeur, malgré les petites imperfections signalées, les qualités qui le distinguent de la foule des manuels : la clarté, la rigueur dans l'exposé des principes fondamentaux, le choix habile des applications, la bonne ordonnance de l'ensemble, enfin l'esprit scientifique qui y règne presque toujours, et qui est si éminemment propre à exciter chez le lecteur le goût des recherches originales.

P. Mansion.

Anvers, 27 mai 1880.

IV

Report of the meteorology of Kerguelen Island, by Rev. S. J. Perry, S. J., F. R. S., published by the authority of the Meteorological Council. — London, 1879.

Lors du dernier passage de Vénus sur le soleil, au mois de décembre 1874, le gouvernement anglais confia au R. P. Perry, S. J., directeur de l'observatoire de Stonyhurst, le commandement de l'expédition astronomique qui choisit pour station d'observation l'île de Kerguélen.

Partis d'Angleterre aux mois de mai et de juin 1874, à bord du *Volage* et du *Supply* de la marine royale, les astronomes anglais arrivèrent à destination au mois d'octobre ; et séjournèrent dans cette île inhabitée et presque stérile pendant plus de cinq mois.

L'installation des appareils, les préparatifs de l'observation du passage et surtout la détermination des longitudes des quatre stations fixées dans l'île occupèrent une grande partie de ce temps. Mais l'expédition s'enrichit aussi d'une foule de documents utiles à la science. Tout ce qui intéresse l'histoire naturelle fut recueilli avec soin ; on obtint une série complète d'observations pour le calcul des éléments magnétiques ; et les hommes du Royal Engineers enregistrèrent jour et nuit, de deux en deux heures, les indications des instruments météorologiques. Ce sont ces observations météorologiques que le P. Perry publie aujourd'hui.

Elles ont été faites pendant les mois de novembre, décembre, janvier et février, c'est-à-dire pendant la saison d'été à Kerguélen Elles ne pouvaient donc suffire pour caractériser complètement le climat de cette île inhospitalière. C'est pourquei le P. Perry y a joint les observations que sir James Ross fit dans cette île en 1840, pendant les mois de mai, juin et juillet, c'est-à-dire pendant l'hiver. Il donne aussi celles que recueillit, en janvier 1874, sir G. Nares, à bord du *Challenger*, en différents points des côtes de l'île.

A la fin du mémoire, les principaux résultats de ces trois séries d'observations sont traduits géométriquement, et réunis dans le tracé de courbes permettant de saisir d'un seul coup d'œil les relations qui existent entre les éléments divers de chaque série et entre les séries elles-mêmes.

Il est évidemment impossible d'analyser ici ces documents et de compulser tous ces chiffres ; nous nous bornerons à extraire du travail du P. Perry les détails géographiques et climatériques les plus intéressants sur l'île de Kerguélen.

Elle est située dans la partie méridionale de l'océan Indien, par 50° environ latitude sud et 70° longitude est de Greenwich. La position exacte de la station anglaise où les observations météorologiques furent faites est 49° 25′ 11″,5 sud, et 4h, 39m 34s,3 est de Greenwich. Pour déterminer leur longitude les astronomes anglais ont eu dix-neuf passages de la lune, quatre-vingt-dix doubles hauteurs ou azimuts et une occultation. Les trois stations anglaises et la station allemande de l'île furent reliées par huit chronomètres spéciaux, qui tous ont pu être comparés avec l'heure du cap de Bonne-Espérance.

Kerguélen mesure 90 milles de l'est à l'ouest et 45 milles du nord au sud. Aucun être humain n'y fixa jamais sa demeure. Autrefois elle était le rendez-vous favori des pêcheurs de phoques; mais elle n'est plus visitée aujourd'hui que par quelques pêcheurs américains qui disposent de trois schooners et d'une petite barque pour rassembler et transporter des peaux aux États-Unis

Sur les côtes est de l'île s'élèvent des montagnes de basalte à sommets aplatis; elles sont abruptes, mais de faible hauteur. Au sud-est, au contraire, des rochers à pointes aiguës donnent au paysage un aspect tout particulier.

La fréquence du brouillard et la violence du vent dans les régions où est située Kerguélen sont proverbiales. Le *Volage* et le *Supply* eurent à essuyer toute la colère de ces tempêtes et de ces vagues énormes qui se succèdent presque sans interruption. Arrivés en vue de l'île, le 6 octobre, la violence du vent et l'épaisseur du brouillard empêchèrent d'aborder. Ce ne fut qu'après plus de deux jours d'attente, et après avoir beaucoup souffert de la tempête qu'on put enfin pénétrer dans le Royal Sound, situé près de l'extrême pointe est de l'île.

Bien qu'on fût déjà vers le milieu du printemps, le sol était entièrement couvert de neige, depuis le sommet des montagnes jusqu'aux bords des eaux dans les plaines. Le 10 et le 14 octobre, la neige tombait encore pendant une grande partie de la journée.

L'aspect général de l'île est des plus tristes ; elle porte parfaitement son nom d'île de la *Désolation*. De quelque côté qu'on promène les regards, on ne découvre que rochers, lacs et marais. Les lacs d'eau douce y sont nombreux ; et toutes les côtes, au moins à l'extrémité est de l'île, sont déchirées par des passes et des bras de mer qui pénètrent parfois jusqu'à 12 milles dans l'intérieur.

On n'y voit ni arbres, ni arbustes; mais les plantes de petite taille y croissent en assez grande quantité, et recouvrent parfois des étendues de terrain considérables. L'herbe y est belle, mais peu abondante. L'azorella, le légume par excellence de Kerguélen, et une espèce de thé s'y rencontrent surtout. On y trouve aussi une variété de fougères, de mousses, de champignons et de lichens.

Les seuls animaux qui habitent Kerguélen sont les chèvres et les lapins amenés du Cap à bord du *Volage* et lâchés dans l'île. Les lapins se sont rapidement multipliés pendant le séjour des astronomes anglais, et finiront probablement par envahir Kerguélen, comme ils ont envahi une des îles Crozet où ils ont été introduits d'une manière analogue. Les araignées et les limaçons y sont indigènes ; ainsi que les plus curieux des insectes, les aptères.

L'île de Kerguélen sert d'asile à un grand nombre d'oiseaux de différentes espèces. Les canards sauvages y abondent; ils sont de petite taille, mais d'un goût exquis. Le manchot de Patagonie, le gorfou doré ou sauteur, et le pingouin commun s'y trouvent aussi en grand nombre. Leurs œufs recueillis en quantité servent de nourriture aux pêcheurs de phoques Il faut citer encore l'albatros hurleur (*Diomedea exulans*), l'albatros fuligineux, le stercoraire parasite, onze espèces différentes de pétrels, le sylochélidon de la mer Caspienne, le bec-en-ciseaux (*Rhynchops*), le cormoran et le goélaud (*Larus*). On voit que la variété ne manque pas, au moins parmi les habitants ailés de cette île solitaire de l'océan Indien.

Un coup d'œil jeté sur les observations que renferme le mémoire du P. Perry, suffit pour se convaincre qu'on s'est fait jusqu'ici une idée trop peu favorable du climat de Kerguélen. Sans doute chaque mois amène quelques tempêtes de neige, et le vent violent est plutôt la règle que l'exception ; mais on peut trouver des stations convenables où l'on est à l'abri des injures du vent et des brouillards qui viennent de la mer.

A l'ombre, en été, le thermomètre atteint parfois 60° F. (15°, 5 C), et descend rarement au-dessous de 32° F. (0° C). La différence entre la température moyenne de l'hiver et la température moyenne de l'été est peu considérable, elle n'est que de 8° F environ. Le minimum absolu est à peu près le même dans les deux saisons ; mais le maximum absolu de l'été dépasse notablement le maximum absolu de l'hiver.

La pluie n'est excessive à aucune époque de l'année ; mais elle est plus fréquente en hiver qu'en été. Les quantités d'eau tombée en hiver et en été sont dans le rapport de 3 à 1 ; et le nombre de jours de pluie dans ces deux saisons sont comme 13 est à 7. L'humidité n'est pas cependant beaucoup plus grande en hiver qu'en été.

La santé des astronomes fut très satisfaisante pendant toute la durée de leur séjour à Kerguélen; ils le doivent sans doute à l'abondance d'eau fraîche et à la grande quantité de légumes récoltés dans l'île Ils on interrogé les pêcheurs de phoques les plus expérimentés sur le climat de l'île; voici ce que l'un d'eux, le capitaine Fuller du *Roswell King*, qui connaît parfaitement ces parages, leur répondit : La neige séjourne peu dans les plaines avant le mois de juin ; les vents violents durent rare-

ment plus de 12 heures, excepté pendant l'hiver et au commencement du printemps. Le sol de l'île n'est pas à proprement parler marécageux.

En résumé donc, les observations recueillies par le P. Perry sont complètement d'accord avec ce que l'on savait déjà du grand nombre et de la violence des tempêtes, ainsi que de la fréquence de la neige et de la pluie pendant certains mois de l'année dans ces contrées ; mais elles ne justifient nullement les rapports des voyageurs sur l'extrême rigueur du froid à Kerguélen. Pour concilier ces rapports avec les faits observés, il faut nécessairement admettre qu'ils n'ont trait qu'à la partie de l'île exposée au vent ; et que le climat dans ces parages diffère très sensiblement de celui des côtes N.-E.

J. T.

REVUE

DES RECUEILS PÉRIODIQUES.

ANTHROPOLOGIE.

—

La vie moyenne et la vie normale (1). — L'emploi des moyennes rend incontestablement les plus grands services en anthropologie. Mais il conduit parfois à des résultats qui étonnent les gens du monde. Quand on leur dit, par exemple, que la vie moyenne en France est de quarante ans, ils font appel à l'expérience journalière et constatent que c'est à quarante ans que l'on meurt le moins. M. Jacques Bertillon pense que les gens du monde n'ont pas tort d'être surpris de ce résultat, que la recherche de la vie moyenne est une mauvaise méthode pour apprécier la longueur de la vie humaine, et que la durée de la vie normale est une tout autre chose.

En effet, pour obtenir la vie moyenne, les statisticiens introduisent dans leur calcul tous les chiffres qui expriment la grande mortalité des nouveau-nés et des enfants, la faible mortalité des adultes et la mortalité accélérée des vieillards. En mêlant ainsi des quantités absolument différentes, on arrive forcément à un résultat artificiel.

M. Bertillon pense avec raison que, pour atteindre à un but vraiment scientifique, il est indispensable d'opérer sur des quantités de même nature, comparables entre elles et que la mortalité doit être calculée âge par âge.

(1) *Bulletin de la Société d'anthropologie de Paris*, t. II, 3e série, p. 468.

Mais à côté de la vie moyenne, il y a ce qu'on peut appeler la vie normale, c'est-à-dire la longueur de la vie chez un être humain placé dans des conditions normales de santé et de développement. C'est un problème qu'avait posé M. Lexis devant le congrès de démographie tenu à Paris pendant l'Exposition de 1878, et dont M. Jacques Bertillon a entretenu à son tour la Société d'anthropologie de Paris.

M. Bertillon propose, avec M. Lexis, de calculer la vie normale d'après la loi formulée par Quetelet sous le nom de *loi des erreurs accidentelles*, dont il fait comprendre la portée par une comparaison ingénieuse. En examinant une cible percée de projectiles, on n'a pas de peine, dit-il, à reconnaître d'après la répartition des trous de balles, quel a été le point visé. Or, le terme de la vie normale peut être considéré comme le but visé par la nature, tandis que l'âge des décédés indiquerait le résultat des essais successifs faits pour y atteindre.

La loi des erreurs accidentelles de Quetelet n'est pas à l'abri de toute critique. Mais si l'on met en colonne les nombres des décès aux différents âges on remarque que, très fréquents pendant l'enfance, ils deviennent rares aux âges adultes et fournissent des nombres très faibles jusqu'à cinquante ans. A partir de cette époque ils grandissent, atteignent leur maximum de soixante-dix à soixante-quinze ans et vont ensuite en diminuant rapidement.

Reprenant sa comparaison M. Bertillon considère les décès des enfants comme des coups ratés qu'il élimine de son calcul. Ce sont des projectiles tombés avant d'atteindre la cible. Il ne fait porter son évaluation que sur les groupes d'adultes, et fixe ainsi le terme normal de la vie humaine en France à soixante-douze ans et demi.

Ce résultat fourni par l'expérience pratique est confirmé par la théorie. M. le professeur Lexis a montré que les décès du groupe normal se répartissent autour de l'âge normal suivant la loi des erreurs accidentelles, comme les trous de balles autour du blanc sur une cible. La coïncidence des résultats est frappante surtout à partir de cinquante ans.

La vie normale ainsi calculée est généralement un peu plus longue pour les femmes que pour les hommes.

En France la différence est presque nulle : soixante-douze ans et demi, pour les hommes ; soixante-douze ans pour les femmes. En Prusse l'âge normal n'est que de soixante-dix ans pour les hommes, soixante et onze ans pour les femmes. En Norvège il atteint soixante-quatorze ans pour les hommes et soixante-quinze ans pour les femmes.

Si l'utilité sociale qu'il pourrait y avoir à augmenter de quelques années la vie normale des adultes est discutable, l'étude des décès prématurés, des coups ratés et des moyens d'en diminuer le nombre, a une importance capitale qui doit attirer toute la sollicitude des savants et des législateurs. Telle est la conclusion pratique de l'auteur.

Sur la capacité du crâne d'un certain nombre d'hommes célèbres (1). — M. le docteur Le Bon continuant les recherches dont nous avons déjà rendu compte (2), sur les rapports du cerveau et de l'intelligence, vient de faire l'étude fort intéressante d'une série de quarante-deux crânes d'hommes distingués ou illustres acquis par le muséum d'histoire naturelle de Paris.

La capacité moyenne de ces quarante-deux crânes, comparée à celle des crânes Parisiens modernes, donne les résultats que voici :

Centimètres cubes.	Parisiens modernes proportion pour 100.	Hommes célèbres proportion pour 100
de 1300 à 1400	10.4	2.4
1400 à 1500	14.3	4.8
1500 à 1600	46.7	16.6
1600 à 1700	16.9	35.8
1700 à 1800	6.5	23.8
1800 à 1900	5.2	9.5
1900 à 1950	0.0	7.1
	100.0	100.0

Vingt-six de ces crânes, choisis parmi ceux des hommes les plus éminents de la série, atteignent la capacité moyenne de 1732 centimètres cubes, chiffre énorme, comparé à la capacité moyenne des Parisiens, qui n'est que de 1557 centimètres cubes.

Citons entre autres :

Boileau	1690
Gall	1692
Descartes . . .	1700
Carême . . .	1700
Maréchal Jourdan . .	1725
Jean sans Peur . .	1750
Volta	1850
La Fontaine . . .	1950

Ces chiffres confirment la loi posée précédément par M. Le Bon, que les grandes intelligences résident généralement dans de grands crânes.

Mais il ajoute :

« Faudrait-il conclure de ce qui précède que si les grandes intelligences possèdent le plus souvent de grosses têtes, les grosses têtes possèdent toujours une grande intelligence ? Je ne le crois pas et voici mes raisons :

(1) *Bulletin de la Société d'anthropologie*. t. II. 3e série. p. 492.
(2) N° de janvier 1880.

» Le cerveau n'est pas seulement le siège de l'intelligence. Il est en rapport plus ou moins intime avec toutes sortes de fonctions : l'activité musculaire, le développement des sentiments, etc., et nous comprenons très bien que des races remarquables par leur énergie, leur courage, leur activité, etc., puissent avoir un crâne plus développé que des races qui leur sont supérieures par l'intelligence. Ce serait précisément là le cas des Gaulois, dont le crâne est généralement assez développé....

» Etant admis ce fait, que de grosses têtes peuvent se rencontrer chez des individus d'une intelligence ordinaire, mais dont l'activité et les passions sont très développées, nous comprenons très bien que les criminels aient souvent des têtes volumineuses. »

M. Le Bon admet d'ailleurs que « l'étendue des circonvolutions, l'épaisseur de la couche corticale, la qualité des cellules, la disposition réciproque des parties ont une influence supérieure à celle du volume. » C'est-à-dire que de petites têtes peuvent être bien organisées sous le rapport de l'intelligence.

Il ne faut donc pas chercher à établir, comme l'auteur semble disposé à le faire, un rapport constant entre le développement mental et la capacité cérébrale ; il faut renoncer à appuyer la thèse transformiste sur l'étude du développement cérébral. Quand on aura montré que les gros cerveaux sont les plus actifs en bien ou en mal, qu'ils peuvent appartenir aussi bien à un grand philosophe, à un illustre général qu'à un assassin célèbre, on n'aura pas prouvé assurément qu'ils sont le signe de la supériorité morale ou d'un progrès intellectuel.

Il existe d'ailleurs des faits absolument contradictoires. Le cerveau du géant Joachim, disséqué par le Dr Broca, pesait 1935 grammes et son crâne était colossal. Il cubait 1950 centimètres cubes, presque autant que celui de Cuvier. Or, cet Hercule, dont la taille atteignait 2m10, réalisait complètement le proverbe « grand, fort et bête. » Ses amis le tenaient pour absolument stupide ou tout juste assez intelligent pour s'exhiber en public. Ce qui prouve bien que l'intelligence n'est pas le seul facteur du poids du cerveau, mais que la taille et le poids total de l'individu ont sur le résultat une influence certaine (1).

Le cerveau de l'assassin Prévost, exécuté à Paris l'année dernière, dépassait la moyenne comme volume, mais en revanche il offrait des anomalies nombreuses.

« Parmi les particularités qu'il présente, disait le docteur Broca, dans un rapport lu par lui à la Société d'anthropologie (2), les unes sont fréquentes, et ne tirent leur signification que de leur accumulation sur un même cerveau ; les autres sont rares, mais déjà connues; d'autres

(1) *La Nature* du 25 sept 1880, p. 258, articles de M. J. Bertillon.
(2) *Bulletin de la Soc. d'anthrop.*, t. III, 3e série, p. 233.

enfin, et ce sont précisément les plus graves au point de vue morphologique, sont tellement rares qu'elles n'ont pas encore été signalées. »

Les anomalies peuvent donc, dans un grand nombre de cas, balancer les avantages d'un développement remarquable. En résumé rien de précis à tirer de cet ordre de recherches au point de vue physiologique, tant que l'anatomie du cerveau ne sera pas mieux et plus complètement connue.

La génération au point de vue chronologique (1). — Que doit-on entendre, en chronologie, par le mot génération? En d'autres termes lorsqu'on voit cette assertion : Entre tel règne et tel autre il s'est écoulé dix générations, comment cette expression doit-elle être traduite en siècles et en années?

Telle est la question dont M. de Semallé a cherché la solution. Il entend par génération le temps écoulé entre la naissance d'un être humain homme ou femme, et la naissance d'un de ses descendants. Il est évident d'ailleurs que la solution est susceptible de variations nombreuses et ne peut être donnée d'une façon pratique, que par un calcul de moyennes

Ce calcul devrait comprendre un grand nombre de familles pourvues de longues généalogies authentiques. M. de Semallé a opéré sur vingt familles dont seize souveraines issues de Guillaume le Conquérant. Son calcul embrasse une période de 818 années comprises entre la naissance de Guillaume (1027) et l'année 1845. Il obtient ainsi une moyenne de trente et un ans par chaque génération.

Il est curieux de remarquer que la généalogie de Notre-Seigneur, d'après saint Luc, donne un résultat assez voisin de celui-ci. Si l'on assigne, avec quelques auteurs, la date de 1085 avant notre ère, à l'année de la naissance de David, et que l'on compte avec saint Luc quarante et une générations à partir de la naissance du roi d'Israël jusqu'à celle de Notre-Seigneur, on arrive au chiffre que fournit par exemple la famille royale des Deux-Siciles, de la naissance de Guillaume le Conquérant (1027) à celle de François II (1836) soit trente générations de vingt-sept ans en 809 ans.

Sur cinq crânes d'Hakkas et les origines Chinoises (2) — On est peu fixé sur l'origine des Chinois. Les uns en font des Sémites ; les autres des Finnois, etc. M. de Quatrefages s'est arrêté, dans son cours, à l'opinion qu'ils viennent d'Asie. C'est aussi la conclusion que paraît

(1) *Bull. de la Soc. d'anthrop.*, t. III, 3e série, p. 295.
(2) Ibid., t. II, 3e série, p. 557.

adopter M. Zaborowski dans un mémoire relatif à cinq crânes d'Hakkas envoyés à la Société d'anthropologie par M. de Lagrenée, gérant du consulat de France à Canton. M. Zaborowski établit d'abord, soit par des documents historiques, soit par une étude craniologique comparée, que les Hakkas sont de pur sang chinois.

La province de Shan-tung est leur pays d'origine. D'une nature turbulente et guerrière, ils s'attirèrent des persécutions violentes qui les obligèrent à quitter leur pays et à passer, après une longue série d'émigrations et d'étapes successives, du nord dans le sud de la Chine. En hostilités interminables avec les puntis de la province de Canton, où ils s'étaient fixés en dernier lieu, alliés des rebelles dans la guerre des Taïpings, puis vaincus par les troupes impériales, ils vivent aujourd'hui dispersés et fondus parmi les puntis ou bien ont été envoyés dans des districts éloignés pour y former des colonies.

La comparaison des crânes d'Hakkas avec des crânes parsis, kourganes et chinois dont les rapports morphologiques sont grands, a confirmé M. Zaborowski dans la pensée d'attribuer, avec M. de Quatrefages, une origine asiatique à la race chinoise. Il lui paraît bien certain que les Chinois primitifs sont partis de l'Ouest et d'une région du centre de l'Asie, à une époque où ils possédaient déjà l'agriculture. Il admet avec le baron de Richtofen que c'est dans la vallée supérieure du bassin de Tarym à l'est-sud-est du Pamir qu'il faut chercher leurs premiers établissements. Il rappelle à ce propos les récentes recherches de M. Schlegel tendant à démontrer que les Chinois possédaient des notions astronomiques avancées en commun avec leurs voisins aryens ou sémites avant de s'éloigner de leur patrie primitive.

Prenons acte en passant de ce temoignage non suspect en faveur de l'ethnographie biblique et de l'unité d'origine des différentes familles humaines.

Nous ne quitterons pas les Hakkas sans signaler une très intéressante étude qui leur a été consacrée par M. Hubrig dans le compte rendu des travaux de la Société d'anthropologie de Berlin (1).

Les bronzes Pozno et les bas-reliefs de Meydoun (2). A tous les points de vue les origines égyptiennes sont encore entourées de mystères. Cette puissante civilisation dont on ne peut saisir les débuts et le point de départ est un des problèmes les plus obscurs qui soient proposés aux historiens et aux ethnographes. Mais les documents de toute

(1) Séance du 15 mars 1879, et dans *Zeitschrift für Ethnologie*, 1879. Voir aussi *Matériaux pour l'histoire primitive et naturelle de l'homme*, 2e série, t. XI, p. 304.

(2) *Bulletin de la Société d'anthropologie*, t. II, 3e série, p. 724

nature conservés sur la vieille terre d'Égypte sont en si grand nombre, que l'on ne doit pas désespérer de voir la solution cherchée se dégager tôt ou tard de l'inconnu d'aujourd'hui. Quelques monuments de l'art égyptien le plus reculé, exposés il y a deux ans au Trocadero, ont fourni à M. Soldi d'intéressantes observations. Ce sont d'abord deux statuettes en bronze, les plus anciennes qui soient actuellement connues. Elles font remonter l'art du fondeur à l'Ancien Empire, c'est-à-dire bien plus loin dans le passé qu'on ne le supposait. Puis trois panneaux en bois trouvés à Meydoun, dans un tombeau antérieur, d'après M. Mariette, à la quatrième dynastie. Les personnages qui y sont figurés offrent un type assez nouveau. Au lieu des corps musculeux, des épaules trapues, des jambes maigres, des figures pleines au nez lourd, aux lèvres épaisses, auxquels nous ont habitués les monuments de l'Ancien Empire, les personnages des bas-reliefs de Meydoun ont un corps sec et nerveux, les jambes moins maigres, le nez fortement aquilin, la tête osseuse et les lèvres minces. Leur ensemble rappelle plutôt les races dites sémitiques que la race égyptienne chamitique. On ne peut douter cependant, d'après les inscriptions qui les accompagnent, qu'ils ne représentent de hauts personnages égyptiens. Leurs qualifications sont celles de scribes royaux et de familiers du roi.

Ces monuments semblent nous révéler la trace d'une influence sémitique, qui se serait manifestée dès les premières dynasties. Ils nous apprennent de plus que cet élément sémitique tenait alors une place considérable dans la civilisation égyptienne. C'est un fait nouveau. Les textes ne mentionnent en effet l'arrivée des Sémites en Égypte qu'à l'époque de l'invasion des Hycsos, sous la huitième dynastie. D'après M. Soldi, la race égyptienne figurée sur les bas-reliefs de Meydoun devait être depuis longtemps dans le pays, bien avant la seconde ou la troisième dynastie à laquelle appartiennent les personnages en question. « La faveur dont ils jouissaient, leurs noms et leurs fonctions, de même que la prospérité du pays depuis Ménès, l'absence dans les textes d'allusion à une invasion quelconque, à ces époques, prouvent une assimilation complète des Sémites aux mœurs égyptiennes. » La migration qui amena leurs ancêtres eut lieu probablement avant l'arrivée de Ménès au pouvoir.

Peut-être trouvera-t-on un peu téméraire de déduire d'une représentation artistique des hypothèses ethnologiques de cette importance. Mais les artistes égyptiens interprétaient si fidèlement la nature qu'on ne doit pas méconnaître la valeur anthropologique de leurs œuvres. Les bas-reliefs de Meydoun sont les plus anciennes représentations égyptiennes du type humain aujourd'hui connues ; et cependant de l'avis de M. Soldi, bien compétent en pareille matière, on n'y voit pas la trace d'un art primitif. « Il est évident ajoute M. Soldi, que l'artiste qui a fait ces panneaux, a étudié directement la nature et l'a reproduite généralement

avec la plus grande perfection. Toutes les parties supérieures sont parfaites; les têtes sont d'une vérité, d'une expression et d'une particularité indiscutables. »

Les fouilles de Meydoun ont fourni à M. Mariette d'autres monuments qu'il est intéressant de rapprocher de ceux-ci, et notamment la statue d'une jeune femme coiffée d'un bandeau orné d'étoiles et d'autres figures dont le caractère babylonien est remarquable.

Voici les conclusions de M. Soldi :

« Il nous semble probable que les peuples appartenant aux races dites sémitiques sont venus en Égypte après les peuples des races dites chamitiques, avant la révolution qui amena Ménès à former la première dynastie et pendant la dernière période de formation de la langue égyptienne. Ils auraient vécu en grande parenté, presque confondus avec les Chamites, comme cela eut lieu en Palestine et en Phénicie; l'Ancien Empire serait une période de Chamites sémitisés, expliquant le caractère tranché qui le distingue des périodes purement chamito-égyptiennes. Les Chamites et les Sémites semblent avoir vécu côte à côte, s'influençant peut-être, mais ne s'étant jamais absorbés. Un moment l'influence sémitique sous les Hycsos domina complètement le pays ; mais dans un retour des Égyptiens chamites réfugiés en Éthiopie, ils furent écrasés par le nombre. Vaincus, ils perdirent peu à peu leur influence dans le delta et une de ces tribus, après un long esclavage, retourna en Asie former une nation distincte sous la direction de *Moïse*, le législateur (1). »

On sait que les Israélites étaient venus en Égypte sous un des rois hycsos. Ce fait, aussi bien que l'influence considérable de Joseph à la cour du prince, s'explique par la communauté d'origine des Israélites et de la race alors dominante sur les bords du Nil. Le nom même de Joseph est égyptien : nourrisseur du monde, Tsaf-en-to. Les Israélites formèrent toujours une tribu séparée des Égyptiens par leur langage, leur culte, leurs mœurs et leurs institutions; mais cet isolement politique et religieux n'interdisait pas des rapports privés dont la Bible et les monuments égyptiens mentionnent plus d'un exemple.

Localisations cérébrales sur le cerveau d'un ectromélien (2). — On doit au docteur Broca de très importantes recherches sur les localisations cérébrales. Peu de temps avant sa mort le savant anatomiste eut l'occasion de recueillir une très belle confirmation expérimentale de ses études. M. le professeur Verneuil avait envoyé à son laboratoire le cadavre d'un homme ectromélien des deux bras. L'ectromélie était com-

(1) Loc. cit., p. 732.
(2) *Bullet. de la Soc. d'anthrop.*, t. II, 3e série, p. 669.

plète à droite. Le membre gauche était représenté par un doigt seulement et un rudiment de métacarpien, implanté dans l'épaule.

Éclairé par des autopsies antérieures, d'où il résultait que, chez des amputés, la partie du cerveau qui devait servir à animer le membre perdu, avait diminué de volume par défaut d'usage, M. Broca annonça avant l'autopsie de l'ectromélien en question, que le cerveau présenterait une partie atrophiée au tiers supérieur de la circonvolution frontale ascendante et au tiers postérieur de la première circonvolution frontale.

On reconnut, lorsque le crâne fut ouvert, que le cerveau portait en effet la lésion annoncée. La partie atrophiée était remplacée par une sorte de tumeur aqueuse transparente et tremblotante, faisant corps avec la pie-mère et qu'on aurait pu prendre pour un kyste.

Silex taillés et emmanchés de l'époque mérovingienne (1). — Il y a longtemps que M. Henri Baudot en Bourgogne, et l'abbé Cochet en Normandie, avaient signalé la présence de silex taillés dans les sépultures de l'époque mérovingienne. Mais ils ne paraissaient pas avoir joué d'autre rôle que celui de simples briquets. Les fouilles si fructueuses de M. Frédéric Moreau à Caranda en 1873 vinrent révéler des faits analogues, mais dans des proportions bien autrement importantes. Vingt mille silex furent exhumés de deux mille six cents tombes.

Les paléoethnologistes favorables à la haute antiquité de l'âge de pierre, n'y virent qu'une rencontre fortuite. Les silex, disait-on, devaient exister dans le sol avant l'établissement des tombes mérovingiennes.

M. Millescamp se fit le champion de l'opinion contraire et le défenseur des silex prétendus mérovingiens ; mais, sans réussir, disons-le, à convaincre ses adversaires.

Deux observations récentes de M. l'abbé Hamard semblent créer des présomptions nouvelles en faveur de cette idée que l'usage des silex pour un autre emploi que les briquets se serait maintenu jusqu'à l'époque franque. Les trouvailles de M. l'abbé Hamard consistent en deux lames de silex recueillies dans le cimetière franc du Mont-de Hermes. L'une d'elles était encore entourée de bois pourri vers la partie de sa base qui formait talon. L'autre était passée dans une virole en fer, qui paraissait avoir servi à l'emmancher dans du bois dont il restait quelques traces. Disons cependant que de simples briquets conservés dans des étuis en bois auraient pu présenter cette disposition, et que l'emmanchement ne nous paraît pas suffisamment démontré.

(1) *Bullet. de la Soc. d'anthrop.*, t. II, 3e série, p. 743.

Statistique du suicide (1). — Il résulte des documents réunis par M. J. Bertillon que l'étude des données statistiques sur le suicide peuvent se résumer ainsi :

1° Le suicide est à chaque âge (sauf peut-être avant vingt ans) moins fréquent chez les gens mariés que chez ceux qui ne le sont pas, ou qui ne le sont plus.

2° Il augmente avec l'âge chez les uns et chez les autres, mais tandis que chez les gens mariés cette augmentation ne se produit qu'avec une grande lenteur (et fait même place, sur le tard, à une certaine diminution), elle est au contraire, chez les vieux garçons et les veufs, d'une rapidité prodigieuse et effrayante.

3° C'est aux célibataires et aux veufs qu'est due presque tout entière l'aggravation de la tendance au suicide que les statisticiens ont depuis longtemps érigée en loi.

4° Les mêmes lois se vérifient sur les femmes, mais avec moins d'intensité.

L'ivrognerie paraît être une des causes les plus actives du suicide. En Danemark, « terre classique du suicide, » l'ivrognerie cause trente et un pour cent des suicides. En terme général, les pays du Nord où l'ivrognerie est plus commune, sont aussi ceux où le nombre des suicides est le plus élevé.

La race y est aussi pour quelque chose. Dans l'Autriche-Hongrie, où se trouvent les races les plus diverses, soumises à des influences économiques et administratives analogues, les provinces allemandes accusent une bien plus grande tendance au suicide que les autres, et ce fait est conforme aux résultats fournis par tous les états allemands d'une façon générale. Les races du Midi y sont moins portées que celles du Nord.

Comme préventifs la vie de famille et les croyances religieuses ont une influence parfaitement démontrée par les chiffres eux-mêmes. Il est prouvé que les suicides sont moins fréquents dans les pays catholiques très croyants, comme la Bretagne ou l'Irlande, ou même dans les pays musulmans, que parmi les nations protestantes. Il faut probablement attribuer à l'empire des sentiments religieux le nombre relativement faible des suicides chez les femmes.

Les terrains post-tertiaires et l'ancienneté de l'homme dans la péninsule indienne (2). — Il y a dans la péninsule indienne, par-dessus les terrains tertiaires, et en stratification concordante avec eux,

(1) *Bullet. de la Soc. d'anthrop.*, t. III, 3e série, p. 277

(2) *Matériaux pour l'hist. primitive et naturelle de l'homme*, t. XI, 2e série, p. 265. Note de M. Sauvage d'après l'ouvrage de MM. Medlicott et Blanford sur les terrains post-tertiaires et l'ancienneté de l'homme dans la péninsule indienne.

le plus souvent, des dépôts absolument analogues à ce qui constitue en Europe notre terrain quaternaire. On y trouve, comme chez nous, une faune caractérisée par des espèces éteintes, parmi lesquelles je citerai l'*Elephas namadicus* et *insignis*, l'*Ursus namadicus*, le *Rhinoceros namadicus*, deux hippopotames, un cheval, un cerf, etc.

En rapport avec ces alluvions quaternaires, il existe des formations erratiques résultant d'une grande extension des glaciers de l'Himalaya, à une époque qui dut vraisemblablement correspondre à notre période glaciaire.

Les formations quaternaires dans l'Inde consistent en tufs calcaires, en graviers de rivières, en alluvions de plaine, et enfin en un dépôt d'une nature toute particulière, connu sous le nom de *latérite*. On n'a encore signalé qu'une grotte à ossements près de Banagampili, district de Karmil.

Les ossements de l'homme quaternaire n'ont pas été retrouvés jusqu'à présent. Mais les produits de son industrie ne sont pas rares dans l'alluvion fluviatile, où ils sont associés à des débris d'animaux d'espèces éteintes.

Ces instruments consistent en pierres éclatées, têtes de lances, nuclei, couteaux. Ils appartiennent surtout aux types quaternaires du nord de la France et particulièrement d'Abbeville. MM. Foot, King et Oldham en ont exhumé un grand nombre près de Madras, puis dans le Nord, dans le Godavari, et dans la partie sud-est du Bengale, ainsi que dans les provinces centrales et dans l'Assam. Mais on n'en a retrouvé aucune trace dans la vaste plaine d'alluvions du Gange, de l'Indus et du Brahmapoutre.

Dans le Sind, sur les collines de Sukkur et de Rohri, on a observé de vastes résidus d'ateliers de fabrication d'outils en silex.

Des haches polies en grès, en schistes ou en jade, absolument semblables à celles d'Europe, ont été recueillies dans un grand nombre de localités, accompagnées, comme ailleurs, de marteaux, de pesons, d'anneaux en pierre.

Les plus anciens instruments de métal de la presqu'île indienne sont en cuivre pur. Le bronze y est extrêmement rare. On ne peut citer qu'une trouvaille d'instruments en bronze faite aux environs de Jabalpur.

La grotte du Placard, près de Rochebertier (Charente). — Située sur les bords de la Tardoire, à 17 mètres au-dessus de son niveau, la grotte du Placard a été fouillée récemment par M. de Maret, qui a publié le résultat de ses recherches dans le compte rendu du congrès tenu à Vienne par la Société française d'archéologie en 1879. Huit zones archéologiques superposées et séparées par des couches sté-

riles, permettent de tirer de l'étude de cette station de très intéressantes conclusions pour la classification des temps préhistoriques.

La couche la plus inférieure, qui est à $7^m,80$ de profondeur, renferme des instruments en silex semblables à ceux de la grotte du Moustier. Au-dessus, mais séparée par des éboulis calcaires tombés du toit de la grotte, vient une zone où se montrent ces magnifiques pointes de flèches et de lances en forme de feuille de laurier, si communes et si caractéristiques à Solutré.

La faune de ces deux niveaux, comprend uniquement le renne, le cheval et l'aurochs.

En remontant et par-dessus un nouvel éboulis, on trouve encore l'industrie de Solutré mais déjà modifiée par la présence de têtes de flèches avec pédoncule et cran latéral, comme à Saint-Martin d'Excideuil (Dordogne). Les instruments en os deviennent nombreux à ce niveau. Ils consistent en flèches, en poinçons, en aiguilles. Une canine de renard et des coquilles percées de trous de suspension ont dû servir d'ornements. Des fragments de sanguine et de plombagine paraissent avoir été employés comme matières colorantes. Cette couche représenterait la transition entre Solutré et Saint-Martin d'Excideuil.

Les quatre niveaux qui viennent ensuite, correspondent à l'industrie de la Madeleine. On y trouve des couteaux, des ciseaux, des perçoirs, des grattoirs en silex, accompagnés de percuteurs et de nombreux os travaillés pour servir de bâtons de commandement (?), de têtes de lances et de flèches ; des aiguilles, des harpons, des navettes et divers objets de parure. Les pointes de flèches sont ornées de dessins géométriques. M. de Maret a retrouvé aussi des os gravés. L'un représente une tête de renne, vue de profil ; l'autre un renne incisé sur une palme entière du bois de l'animal. La faune à ce niveau est assez riche. La collection de M. de Maret renferme, outre des coquilles vivantes, un bon nombre de coquilles fossiles étrangères à la localité; des dents de poisson et de nombreux mammifères, parmi lesquels se trouvent le cheval et le renne, qui dominent de beaucoup, puis l'antilope, le loup, le cerf, l'ours, un petit felis, le mammouth, etc.

La présence, dans la grotte du Placard, de coquilles étrangères à la localité, atteste des relations lointaines avec d'autres tribus ou bien de longues pérégrinations. En effet, parmi ces coquilles, les unes proviennent de la côte océanique, d'autres des faluns de l'Anjou et de la Touraine, du bassin de Paris et peut-être de la Grande-Bretagne.

A la surface apparaissait l'industrie de la pierre polie et d'autres plus récentes.

Ainsi que le fait remarquer M. de Maret, les fouilles de la grotte du Placard viennent une fois de plus prouver que l'industrie de la pierre

polie n'est point une transformatfon directe de celle de Solutré puisqu'elle en est séparée par une longue période correspondant à l'industrie de la Madeleine.

A. Arcelin.

ASTRONOMIE.

Photographie du Soleil. — M. Janssen a été tout récemment conduit par ses études sur l'analyse de la lumière du soleil et de ses images photographiques à une découverte très intéressante. Voici en quels termes il la communiquait à l'Académie des sciences, le 21 juin dernier. « Les images photographiques peuvent s'inverser et passer du négatif au positif par l'action prolongée de la lumière qui leur a donné naissance (1). »

Expliquons cette découverte.

On le sait, la photographie solaire resta longtemps impuissante à reproduire tous les détails de la photosphère visibles dans les instruments d'optique. Les taches et les facules étaient suffisamment distinctes, mais les granulations n'apparaissaient que très confusément. M. Janssen reconnut bientôt que ce défaut de netteté n'avait nullement sa source dans l'essence même de la méthode photographique, mais uniquement dans les conditions défavorables dans lesquelles l'image solaire était obtenue. La durée de l'action lumineuse réglée sur son intensité était la condition exclusive du succès (2).

A Meudon, M. Janssen obtient les images solaires en un temps d'action lumineuse qui est variable suivant l'état de l'atmosphère et la nature des phénomènes qu'il veut mettre en évidence ; mais ce temps d'action est bien rarement supérieur à $\frac{1}{1000}$ de seconde quand il veut obtenir les granulations,

Ce temps déjà si court peut descendre, dans des conditons spéciales, à $\frac{1}{20000}$ de seconde et moins encore. Un mécanisme très parfait règle cette durée et distribue uniformément aux diverses parties de l'image l'action lumineuse.

(1) *Comptes rendus*, t. xc, p. 1447.

(2) Voir : *Notice sur les progrès récents de la physique solaire*, par M. J. Janssen (Ann. du Bur. des long. pour 1879).

Or M. Janssen a remarqué que si une plaque sèche, préparée avec le gélatinobromure d'argent, reçoit l'impression lumineuse pendant une demi-seconde ou une seconde, c'est-à-dire pendant un temps dix mille ou vingt mille fois plus grand que celui qui eût donné une bonne image négative, l'action du corps révélateur fait apparaître une image positive qui représente le disque de l'astre en blanc et les taches en noir, comme ce disque est vu dans les lunettes. Cette image positive peut acquérir toute la finesse de l'image négative qu'elle a remplacée.

De plus, il existe un temps d'action de la lumière, intermédiaire entre ceux qui donnent les images opposées, pour lequel l'image n'est ni positive, ni négative : la plaque présente une teinte sensiblement uniforme.

Si l'on dépasse la durée de pose pour laquelle l'image est positive, et qu'on laisse la lumière agir beaucoup plus longtemps, toute image disparaît ; le corps révélateur ne provoque plus le dépôt métallique sur la plaque à l'endroit de l'image du soleil qui apparaît uniformément transparente sur le fond noir du ciel. Ce fond disparaît lui-même par une action lumineuse beaucoup plus prolongée.

Voici la série des transformations successives de l'image photographique du soleil obtenues par M. Janssen :

1° L'image négative ordinaire ;

2° Un premier état neutre ; la plaque devient uniformément obscure sous l'action du révélateur ;

3° Une image positive qui succède au premier état neutre (1) ;

4° Un second état neutre, opposé au premier, et où la plaque devient uniformément claire par l'action du révélateur ;

5° Une seconde image négative, semblable à l'image négative ordinaire, mais en différant par les états intermédiaires dont elle en est séparée et par l'énorme différence d'intensité lumineuse qui est nécessaire pour l'obtenir (2) ;

6° Un troisième état neutre, où l'image négative du second ordre a disparu et se trouve remplacée par une teinte sombre uniforme (3) ;

Évidemment, c'est l'inversion de l'image du soleil qui se produit avec le plus de facilité ; l'énorme puissance de rayonnement de cet astre réduit, comme nous l'avons vu, le temps de pose nécessaire pour obtenir

(1) Ce premier renversement, dû à la prolongation de l'action de la lumière, avait été constaté en Allemagne, à notre insu, dans ces derniers temps (N. de M. Janssen).

(2) Pour obtenir cette image négative du deuxième ordre, il faut une intensité d'action lumineuse de plus de 1 000 000 de fois celle qui donne l'image négative ordinaire (N. de M. Janssen).

(3) *Comptes rendus*, t. XCI, p. 199.

l'image négative du premier ordre à une fraction de seconde très petite. Il est aisé de multiplier cette durée si courte 1 000, 10 000, 100 000 fois, afin d'obtenir les transformations suivantes. Cependant cette inversion n'est pas la seule possible ni même la seule facile. Le 21 juin, M. Janssen avait déjà obtenu :

1° Des images solaires de $0^m,10$ de diamètre donnant l'aspect de l'astre dans les lunettes, c'est-à-dire avec disque blanc et taches noires ;

2° Des vues en images positives, où le paysage se présente par transparence tel qu'il est vu naturellement ; temps de pose, une heure à trois heures ;

3° Une vue du parc de Meudon, où le disque solaire se détache en blanc sur le fond obscur du ciel ;

4° Des contre-types qui sont de même signe que le type original, c'est-à-dire positifs si le type est positif, négatifs si celui-ci est négatif (1).

Nous devons remarquer que ces faits ont été constatés avec des plaques sensibles préparées au gélatinobromure, au tannin, etc.; et que ce sont les mêmes rayons spectraux qui ont donné l'image négative d'abord et et sa transformation en image positive.

Photographie de la Chromosphère. — Le renversement des images solaires par la surpose, dont il a été question au paragraphe précédent, paraît devoir permettre la photographie de la *Chromosphère*. On appelle chromosphère la couche de matière rose qui recouvre la photosphère et entoure le soleil de toutes parts. Elle est visible au moment des éclipses totales de soleil ; en temps ordinaire le spectroscope permet de la dessiner et de l'étudier.

Or, lorsque l'action lumineuse solaire s'est exercée assez longtemps pour que l'image photographique soit positive jusqu'aux bords du disque sans les dépasser, l'image est entourée d'un cercle noir dont l'épaisseur correspond à 8″ ou 10″.

« J'ai comparé, dit M. Janssens (2), des photographies solaires positives et négatives obtenues le même jour avec le même instrument : la mesure des diamètres montre que le cercle noir en question est bien en dehors du disque solaire.

» Néanmoins je ne présente ce résultat que sous réserve ; des études plus approfondies me paraissant nécessaires pour le corroborer. »

Distance apparente de la Lune. — Lorsque nous regardons à l'œil nu la pleine lune vers le haut de sa course, nous ne nous figurons pas que plus de 80 000 lieues nous en séparent ; nous n'avons qu'un

(1) *Comptes rendus*, t. xc, p. 1448.
(2) *Comptes rendus*, t. xci, p. 12.

sentiment vague de son éloignement. Il serait intéressant de connaître à quelle distance un observateur place instinctivement la lune dans le ciel.

M. J. Plateau, le célèbre physicien belge, auteur des *Recherches sur les figures d'équilibre d'une masse sans pesanteur*, vient de faire servir les images accidentelles à la détermination approchée de cette distance(1).

Rappelons d'abord ce que la physique enseigne touchant les images accidentelles.

Si vous regardez fixement pendant quelque temps un objet coloré placé sur un fond noir ; et si vous dirigez ensuite les yeux sur un écran blanc, vous apercevrez une image de même *forme* que l'objet et de *couleur* complémentaire ; ainsi, par exemple, pour un objet vert l'image sera rouge, elle sera violette pour un objet jaune. Ces apparences colorées ont été signalées par Buffon qui leur a donné le nom qu'elles ont gardé *d'images accidentelles*.

Scherffer (1716-1783), jésuite autrichien, montra par des expériences directes (2) que la *grandeur* absolue que nous attribuons à une image accidentelle est « proportionnelle à la distance de nos yeux à la surface sur laquelle nous projetons cette image ; » ou, plus exactement, « proportionnelle à la distance où nous nous figurons la surface de projection. » Cela veut dire que si nous projetons l'image accidentelle sur un écran mobile s'approchant ou s'éloignant de nous à volonté, elle est plus grande, égale ou plus petite que l'objet, suivant que la distance de notre œil à l'écran est plus grande, égale ou plus petite que la distance de notre œil à l'objet.

Appliquons maintenant ces principes à la détermination dont nous parlions tantôt.

La pleine lune se dessinant sur le fond noir du ciel sera l'objet sur lequel nous tiendrons les yeux fixés pendant quelque temps ; un mur éclairé par la lune ou par des réverbères nous servira d'écran : c'est donc sur ce mur que nous allons projeter l'image accidentelle sombre du disque lunaire. Si, à un premier essai, l'image nous paraît plus petite que l'astre, éloignons-nous du mur ; rapprochons-nous au contraire si elle nous paraît plus grande ; et recommençons l'expérience jusqu'à ce que nous jugions qu'il y a égalité entre le diamètre de la lune et celui de l'image accidentelle. Cette égalité exige, en vertu des principes rappelés plus haut, que nous rapportions à la même distance

(1) *Bulletins de l'Ac. R. de Belgique*, 2me série, t. XLIX, n° 5 ; mai 1880.

(2) *Institutionum opticarum partes quatuor*, Vindobonæ, 1775, pars I, caput II, art. III, § XCIX. On peut voir aussi du même auteur : *De coloribus accidentalibus dissertatio physica*, Vindobonæ, 1761, ouvrage traduit en allemand et complété par l'auteur en 1765 : *Abhandlung von den zuffälligen Farben.*

l'image accidentelle qui semble peinte sur le mur et la lune dans le ciel. Cette distance peut donc être mesurée : c'est celle qui sépare l'observateur du mur.

M. J. Plateau, qui depuis bien des années est privé de la vue, a confié l'expérience à son second fils, M. Ernest Plateau, ingénieur du génie civil. Des soins minutieux ont été apportés à l'observation, dont le résultat paraîtra peut-être bien étrange : M. E. Plateau place instinctivement la lune dans le ciel à 51 mètres de lui.

Évidemment cette évaluation n'est qu'approximative, et M. J. Plateau a soin de signaler lui-même les causes d'erreur qu'entraîne cette expérience. « En premier lieu, dit-il, l'appréciation exacte de l'égalité des diamètres de l'image et de l'astre est fort difficile, on le comprend, car on ne peut observer les deux objets simultanément ; en second lieu, nous pouvons nous tromper dans l'idée que nous nous faisons de notre distance au mur, surtout s'il n'y a point d'arbres ou de maisons servant d'intermédiaires ; en troisième lieu, des nuages flottant aux environs de la lune modifieraient, sans doute, le jugement involontaire que nous portons sur la grandeur et conséquemment sur la distance de l'astre. Il est probable, du reste, que la distance estimée comme nous l'avons indiqué varierait avec les différentes personnes. »

Nous ajouterons qu'une autre expérience que nous a suggérée la lecture du compte rendu d'une leçon d'astronomie de M. Vinot à la Sorbonne (1), confirme le résultat obtenu par M. Plateau, au moins dans ce qu'il a de plus inattendu, son extrême petitesse. Nous avons demandé séparément à douze de nos élèves de tracer sur un tableau noir ou sur une feuille de papier un cercle de la grandeur dont ils voyaient la lune dans le ciel. Voici, en centimètres, les diamètres qu'ils ont attribués à la lune : 19, 72, 37, 44, 19, 20, 31, 29, 28, 24, 32, 30. La moyenne entre toutes ces valeurs est 32 centimètres.

Or on sait que la valeur moyenne de l'angle soutendu par le diamètre lunaire est de 31′. Il est bien facile, en prenant pour valeur approximative de l'arc celle de la corde qui le sous-tend, de calculer le rayon de la circonférence dont l'arc de 31′ mesure 32 centimètres. On trouve 35 mètres environ. Mes élèves plaçaient donc la lune dans le ciel à une distance de 35 mètres environ.

Les 51 mètres de M. E. Plateau supposent, dans cette expérience, qu'il attribue à la lune un diamètre de 45 centimètres. C'est, à un centimètre près, une des valeurs citées plus haut.

La croûte terrestre. — La direction du fil à plomb est altérée par le voisinage d'une montagne ou même d'une simple colline. On sait que

(1) *Journal du ciel*, 16e année, p. 2739.

ce fait a servi aux géomètres pour déterminer la densité moyenne de la terre en fonction de sa densité superficielle.

Mais, chose remarquable, lorsqu'il s'agit de plateaux élevés, de massifs montagneux d'une grande puissance, les déviations ne sont nullement en rapport avec ces énormes masses.

Une anomalie semblable se présente dans les observations du pendule. Tandis qu'il est impossible de découvrir, dans les mesures de l'intensité de la pesanteur exécutées à l'aide du pendule par les Anglais dans le massif de l'Himalaya, le moindre indice de la présence de ce massif, on peut constater à l'aide du même instrument une différence d'attraction du pied au sommet d'une des pyramides d'Égypte.

Il y a quelque chose de plus singulier encore. On a porté le pendule partout, sur les continents et les îles, sur les côtes et au milieu des mers. Eh bien, quand on eut réuni, comparé et calculé les résultats de ces expéditions, on trouva que l'intensité de la pesanteur sur les continents est trop faible, malgré l'excédant de matière qui y dépasse le niveau des mers ; et que, par contre, elle est constamment trop forte sur les mers, bien qu'il y ait là un déficit évident. Les choses se passent donc comme s'il y avait sous les continents un défaut de matière et, au contraire, un excès de matière sous les mers.

M. Faye propose la solution suivante à cet étrange problème (1) : *Sous les mers, le refroidissement du globe marche plus vite et plus profondément que sous les continents.* En voici la preuve.

« Au fond des mers, à 4000 mètres de profondeur, on rencontre une température très basse de 1° ou 1°, 5. A cette même profondeur, sous un continent, on trouverait $16° + \frac{4000}{30} = 149°$ (2). Ainsi la surface solide de la terre se présente dans les deux conditions suivantes, fort dissemblables. Sous un continent, la surface de niveau située à une lieue de profondeur est maintenue à 149° par une couche supérieure presque absolument imperméable à la chaleur : si pourtant un flux de chaleur la traverse, il est presque insensible et ne peut contribuer au refroidissement que pour une très petite fraction de degré. Là, la croûte terrestre augmente à peine d'épaisseur dans la suite des âges. Sous la mer, au contraire, la surface située à cette même profondeur d'une lieue est en communication presque immédiate avec le froid de l'espace qui abaisse sa température à 1° au lieu de 150°, et, au lieu d'avoir au-dessus d'elle une couche imperméable au calorique d'une lieue d'épaisseur, elle a une couche d'eau, assurément fort peu conductrice, mais où le moindre flux de chaleur est immédiatement absorbé par le froid

(1) *Comptes rendus*, t. xc, p. 1190.

(2) On admet que la temperature des couches du globe augmente de 1° pour 30 mètres de profondeur.

polaire. La même différence se retrouve encore plus bas, car l'imbibition des couches sur lesquelles pèse la mer pénètre bien plus avant que sous les continents ; de là encore un refroidissement plus rapide, non par conductibilité, mais par conduction verticale de l'eau échauffée dans des couches poreuses. Plus les bassins actuels des mers dateront d'une époque ancienne, et plus la croûte qui les supporte sera épaisse par rapport à celle des continents. Enfin les matières poreuses contenant de la vapeur d'eau plus ou moins dissociée seront plus près de la surface sous les continents que sous les mers.

» Si la terre avait un mode unique de refroidissement, ce qui était tacitement admis jusqu'ici, la croûte solide aurait partout la même épaisseur ; le niveau des mers ne varierait que par l'effet d'une imbibition progressive ; il n'y aurait pas de continents fortement soulevés au-dessus de la surface d'équilibre des eaux, mais seulement des îles nombreuses, comme cela a eu lieu en effet dans les premiers temps. L'ellipsoïde de révolution primitif n'aurait pas varié. Mais, comme il y a un double mode, le fond des premières mers s'est épaissi avant la croûte sèche ; il y a exercé une pression croissante sur le noyau liquide. Cette pression, transmise dans toute la masse fluide, a soulevé les parties faibles de la croûte, c'est-à-dire les terres non mouillées. Celles-ci se trouvant réunies à peu près autour du pôle nord, le niveau des eaux s'est élevé peu à peu sur notre hémisphère et a baissé au sud. L'ellipsoïde de révolution est devenu un simple sphéroïde. Mais, ce refroidissement continuant dans le même sens, les bassins des mers australes ont exercé une attraction de plus en plus forte et y ont rappelé les eaux. Celles-ci se sont donc élevées peu à peu sur l'hémisphère sud, tandis que leur surface de niveau revenait peu à peu à la forme ellipsoïdale, qui se trouve même, je crois, un peu dépassée aujourd'hui.»

La lumière zodiacale. — Si pendant les mois de février, de mars et d'avril, surtout à l'époque de l'équinoxe du printemps, on examine l'horizon vers l'ouest, un peu après le coucher du soleil, on aperçoit parfois une large lueur qui s'élève en forme de cône à travers les constellations. Ce fuseau lumineux est aussi visible à l'est, le matin, un peu avant le lever du soleil, pendant les mois de septembre et d'octobre, c'est-à-dire à l'époque de l'équinoxe d'automne. C'est cette lueur que les astronomes appellent la *lumière zodiacale*. Dans nos climats, ce brillant phénomène est souvent masqué par les longs crépuscules et le manque de sérénité du ciel ; mais à mesure qu'on s'approche de l'équateur il s'observe plus aisément, tantôt le soir, tantôt le matin, parfois même le soir et le matin, pendant tous les mois de l'année ; il acquiert des dimensions considérables et un éclat qui surpasse parfois celui des plus belles parties de la voie lactée (1).

(1) Humboldt, *Cosmos*, t. III, p. 594.

La lumière zodiacale vient d'être l'objet d'une série d'observations importantes, faites par le R. P. Marc Dechevrens, S. J., directeur de l'observatoire de Zi-ka-wei, en Chine (1). Elles s'étendent de 1875 à 1879, et fournissent des faits précis avec lesquels les théories sur la nature de ce mystérieux phénomène devront désormais compter.

L'observatoire de Zi-ka-wei est situé par 31° 12′ 0″ de longitude orientale, au milieu d'une plaine immense qui se déroule sans aucun accident de terrain à l'est jusqu'à la mer, éloignée de 40 kilomètres environ, et de tous les autres côtés à plus de cent kilomètres de distance. Il se trouve donc dans une position éminemment favorable à l'observation de la lumière zodiacale. Aussi, les mesures et les détails circonstanciés abondent dans le mémoire du P. Dechevrens. Pendant quatre années, plusieurs fois par mois, il a mesuré les élongations de la pointe du fuseau oriental, vu le matin avant l'aurore; et les élongations du fuseau occidental, vu après le crépuscule du soir. Il a dressé cent dix-huit dessins du phénomène, et enregistré un nombre plus grand encore de descriptions détaillées de ses différentes phases. Nous allons résumer les traits principaux de ces observations.

La lumière zodiacale participe au mouvement diurne apparent des étoiles. Ce fait, d'une importance capitale, reconnu d'abord par Cassini et signalé par presque tous les observateurs, semble aujourd'hui définitivement acquis. Il faut donc placer hors de l'atmosphère de la terre la cause, quelle qu'elle soit, de la lumière zodiacale. Il suit de là que toutes les théories, et ce sont les plus récentes (2), qui assignent comme siège de la lumière zodiacale l'atmosphère terrestre, sont en opposition avec l'observation. Un autre fait contredit aussi ces théories, le voici : La lumière zodiacale, toute différente en cela des aurores boréales, est visible pour des observateurs séparés par des distances de 20, 30 et 40 degrés de latitude sur le même méridien; et elle se projette pour tout le monde sur la même portion du ciel étoilé. Il faut donc s'éloigner de la terre et se transporter dans l'espace cosmique pour atteindre les régions de la lumière zodiacale.

Quand les deux branches ont la même longueur, 80° à 90°, la lumière zodiacale affecte la même forme, le soir et le matin, aux deux côtés de l'horizon; c'est celle d'un fer de lance ou d'une demi-lentille un peu aplatie. Mais quand l'élongation atteint 90°, 100° et au delà, elle prend la forme d'une longue bande de lumière de largeur à peu près constante, dont l'éclat s'affaiblit insensiblement jusqu'à l'extrémité qu'il est souvent difficile de trouver parmi les étoiles brillantes. Parfois cette

(1) *Études religieuses*, nos d'avril et de mai 1880. — *La nature*, huitième année (1880), premier semestre, p. 401 (n° du 29 mai 1880).

(2) *Les mondes*, novembre 1876. — *Monthly Notices*, 1870. — Heis, *Zodiacallicht Beobachtungen*, 1875.

bande est comme enveloppée, à la base, d'une sorte de *manteau* plus lumineux.

La lueur a toujours paru au P. Dechevrens très calme et sans trépidations ; la teinte a toujours été le blanc pur, telle que nous apparaît la voie lactée Les teintes rouges et jaunes, signalées déjà par Derham(1707), remarquées plus tard par Arago, et dans ces derniers temps par le docteur Heis, de Munster, et le Rév. G. Jones, l'observateur de la lumière zodiacale au Japon, en Californie et dans les mers australes (1), n'ont jamais été observées à Zi-ka-wei.

Les deux branches de la lumière zodiacale ne font pas leur apparition sur l'horizon à la même époque, et ne disparaissent pas non plus ensemble. La branche orientale, celle qu'on voit le matin, s'allonge lentement à partir de sa première apparition qui a lieu au commencement du mois d'août ; au contraire, la branche occidentale, celle qu'on aperçoit le soir, prend un développement rapide. On l'observe pour la première fois vers la fin d'octobre ; en un mois elle peut atteindre son maximum d'élongation, qui a lieu au même moment que le maximum d'élongation de la branche orientale.

Les observations du P. Dechevrens sur l'étendue du ciel que peut recouvrir la lumière zodiacale, c'est-à-dire sur la distance qui sépare les sommets des deux fuseaux du matin et du soir, à l'époque de leur élongation maximum, concordent parfaitement avec celles que fit le savant voyageur Eylert, en 1873, à Buénos-Ayres et au cap de Bonne-Espérance. Elles montrent que l'amplitude totale de la lumière zodiacale peut atteindre 295 degrés. Quant à l'éclat des deux fuseaux, le maximum ne coïncide pas avec les plus grandes élongations ; mais il se manifeste en novembre pour la branche orientale, et en février pour la branche occidentale.

Arrivons maintenant aux idées théoriques du P. Dechevrens : elles se rattachent très intimement à celles que Laplace émit sur le même sujet et que nous rappellerons tout d'abord.

Pour l'illustre géomètre, la matière zodiacale est composée des parties les plus subtiles de la nébuleuse primitive qui a donné naissance au soleil et à son cortège de planètes. Ces molécules cosmiques circuleraient au delà de l'atmosphère solaire avec des vitesses inconnues. « Si dans les zones abandonnées par l'atmosphère du soleil, dit-il, il s'est trouvé des *molécules* trop volatiles pour s'unir entre elles ou aux planètes ; elles doivent, en continuant de circuler autour de cet astre, offrir toutes les apparences de la lumière zodiacale, sans opposer de résistance sensible aux divers corps du système planétaire, soit à cause de leur extrême

(1) *Observations on the zodiacal light from april 2, 1853, to april 22, 1855.*

rareté, soit parce que leur mouvement est à fort peu près le même que celui des planètes qu'elles rencontrent (1). »

C'est cette idée générale que le P. Dechevrens s'attache à préciser.

L'observation assigne à la nébulosité zodiacale une forme irrégulière dont le soleil n'occupe pas le centre de figure. Son axe de plus grande dimension couperait l'écliptique en deux points dont les longitudes respectives seraient approximativement 220° et 100° ; il mesurerait plus de 100 millions de lieues et serait rencontré par la terre, dans sa révolution autour du soleil, en avril et en décembre ou janvier. Cette nébulosité ne remplirait pas intégralement l'orbite terrestre, mais elle la dépasserait cependant aux deux extrémités de son grand axe. Les arcs d'écliptique interceptés par ces renflements seraient, au solstice d'été, tout au plus de 30° et de près de 90° au solstice d'hiver; de sorte que notre planète tantôt côtoierait la nébulosité, tantôt s'y trouverait entièrement plongée.

La densité de la nébulosité zodiacale ne serait pas uniforme ; les particules qui la composent seraient plus serrées dans la région voisine du soleil, c'est-à-dire à la base du fuseau lumineux ; elles empruntent au soleil *une partie* de la lumière qu'elles nous envoient : le polariscope et le spectroscope en font foi. Enfin, il reste des doutes sur la position du plan de la nébulosité zodiacale ; toutefois il semble bien constaté que le plan moyen de l'anneau ne coïncide ni avec l'écliptique, ni avec l'équateur solaire. C'est une donnée qui résulte des observations de Zi-ka-wei et de celles que le R. P. Carbonnelle fit à Calcutta, en 1865 et 1866 (2).

Après avoir exposé ses vues théoriques, le P. Dechevrens montre qu'elles s'accordent dans les plus petits détails avec les faits observés. Il signale ensuite quelques rapprochements intéressants et pose plusieurs questions qui réclament des recherches nouvelles. « Les obscurcissements temporaires observés parfois en plein jour ne pourraient-ils pas provenir de la rencontre de la terre avec certaines régions de la nébulosité plus denses, plus opaques. » — La présence sur tous les points du globe de poussières météoriques s'expliquerait peut-être très naturellement par le passage annuel de la terre au sein de cette nébulosité. — « D'où provient sa stabilité dans notre système en présence de tant de corps dont les masses devraient en apparence troubler sans cesse et modifier sa forme, la position de ses diverses parties, les soustraire à l'attraction du soleil et s'en faire à eux-mêmes des atmosphères ou des nébulosités propres dont la stabilité ne devrait pas être plus durable ? » Y a-t-il des relations entre la lumière zodiacale et les étoiles filantes? « Il est curieux, dit le P. Dechevrens, que l'époque où la terre dans sa révolution annuelle

(1) *Exposition du syst. du monde*, note VII, p. 549.
(2) *Études religieuses*... Bulletin scientifique, 4me série, t. V, p. 478.

rencontre sous l'écliptique la nébulosité zodiacale, coïncide assez exactement avec l'apparition de l'essaim d'étoiles filantes connues sous le nom de Léonides, du 10 au 15 novembre. Cette coïncidence est d'autant plus significative que l'essaim des Léonides n'a encore été jusqu'ici rattaché à aucune comète connue. » Nous citerons, au sujet de ce rapprochement, quelques extraits du bulletin scientifique auquel nous renvoyions tantôt.

« On ne peut plus aujourd'hui, dit le P. Carbonnelle, regarder la matière zodiacale comme le réservoir principal d'où s'échappent nos étoiles filantes. Dans ses mémorables lettres au P. Secchi, M. Schiaparelli a parfaitement établi que la vitesse de la majorité de ces astéroïdes est une vitesse cométaire, c'est-à-dire, de beaucoup supérieure à celle de la terre, ou d'un corps quelconque circulant dans l'anneau zodiacal. La plupart d'entre eux doivent donc venir soit des limites du système solaire, soit même des espaces stellaires. »

Plus loin, rapportant les observations qu'il fit le 21 octobre 1865, le P. Carbonnelle ajoute : « Cette nuit-là, me trouvant comme de coutume sur une terrasse d'où je voyais le ciel entier, je notai pendant deux heures quinze minutes, à partir de dix heures du soir, les particularités qu'offrirent toutes les étoiles filantes que je pus apercevoir. J'en comptai en tout vingt-sept qui se séparèrent nettement en deux classes : quinze d'entre elles avaient été suivies d'une longue traînée qui dessinait toute leur trajectoire sur la voûte céleste. La longueur de cette trajectoire ne fut pour aucune inférieure à 20°, pour deux ou trois elle atteignit au moins 60°, et enfin pour une autre elle dépassa 80°. Les douze étoiles filantes de la seconde classe, ou bien n'avaient laissé dans le ciel aucune trace de leur passage, ou leur traînée n'avait jamais dépassé une longueur de cinq à six degrés ... Or, voici le fait frappant de cette classification. Quatorze des quinze premières avaient dessiné sur la sphère des lignes à très peu près parallèles au grand cercle de la lumière zodiacale, et la quinzième elle-même n'avait coupé ce cercle qu'à un angle d'environ 15°. Dix d'entre elles s'étaient constamment projetées sur la bande lumineuse, les cinq autres avaient passé parallèlement au nord et au sud. Toutes avaient marché de l'est à l'ouest, c'est-à-dire en sens contraire de la lumière zodiacale, si cette matière a un mouvement direct. Parmi les douze de la seconde classe, une seule avait marché à peu près parallèlement à cette matière, mais de l'ouest à l'est. Les courtes trajectoires des autres s'étaient pour la plupart projetées sur la bande lumineuse, mais toutes l'avaient coupée sous des angles fort grands. »

Voilà une régularité bien singulière et une connexion étrange entre la lumière des étoiles filantes et leur passage à travers l'anneau zodiacal. Plusieurs semaines d'observations, faites toutes, il est vrai, le soir et à une même époque de l'année, ont confirmé, sans la contredire jamais, la loi si nette de la première nuit. Il semble donc que l'on peut expli-

quer, par leur passage à travers la matière zodiacale, la lumière et les traînées de certains astéroïdes que des mesures précises placent vraisemblablement en dehors de notre atmosphère au moment de leur visibilité. « Je ne pense pas pour cela, dit le P. Carbonnelle, que le frottement dans un pareil milieu produise assez de chaleur pour les rendre lumineux ; les mouvements de Mercure, de Vénus, de la Terre et de la Lune sont trop indépendants de la résistance d'un milieu pour qu'on puisse admettre un semblable frottement. Il faudrait donc attribuer cette lumière à une action magnétique ou électrique. Si la matière zodiacale était parcourue par des courants électriques, grâce aux puissantes actions chimiques qui se renouvellent sans cesse dans le grand laboratoire du soleil, serait-il étonnant qu'un aérolithe composé surtout de substances magnétiques dût produire en la traversant un grand trouble dans la distribution de cette électricité ? Serait-il difficile de voir dans ce trouble la cause des phénomènes lumineux qui accompagnent les étoiles filantes ? »

Ces conjectures amènent un autre rapprochement. « La terre elle-même, étant plongée dans la lumière zodiacale, serait à peu près dans le cas d'une étoile filante. Aussi longtemps que l'état électrique de cette matière resterait constant, son influence sur le galvanisme de notre globe ne se manifesterait que par les variations périodiques régulières de nos appareils. Chaque fois au contraire qu'un trouble extraordinaire dans l'astre central aurait pour conséquence un dérangement dans le galvanisme de la matière zodiacale, la perturbation arriverait rapidement jusqu'à nous. Elle aurait pour conséquence, outre les agitations des aiguilles aimantées et des appareils télégraphiques, les phénomènes lumineux des aurores boréales. » La matière zodiacale serait donc le conducteur qui nous met en communication électrique avec le soleil.

Les observations spectrales semblent donner raison au rapprochement que fait le P. Carbonnelle entre la lumière zodiacale et les aurores boréales. Elles nous forcent de plus à admettre que cette matière n'est pas un amas de corps solides, un convoi d'astéroïdes, réfléchissant uniquement la lumière solaire ; mais plutôt un amas de particules infiniment petites, ayant aussi une lumière propre, et dont l'incandescence, comme celle des gaz dans les tubes de Geissler, serait produite par des courants électriques.

Telle ne paraît pas être l'opinion du directeur de l'observatoire de Zi-ka-wei. Le P. Dechevrens termine en effet son mémoire par une citation du livre sur la chaleur, de M. Tyndall, où le physicien anglais se fait l'écho de l'hypothèse de sir W. Thomson sur la conservation de la chaleur solaire. « La lumière zodiacale, dit-il, peut n'être en réalité qu'un amas régulier et serré de météores destinés à donner un incessant aliment à la dévorante activité du soleil. Du reste, il n'est pas nécessaire que les

substances qui tombent sur le soleil soient combustibles (1); leur combustibilité n'ajouterait pas sensiblement à l'épouvantable chaleur produite par leur collision ou choc mécanique, qui engendrerait une chaleur égale à celle de la combustion de plus de quatre mille masses semblables de houille. »

Ce que nous venons de dire des observations spectrales, et les conclusions d'un travail très important de Leverrier, publié depuis plus de vingt ans (2), soulèvent contre cette hypothèse une objection que le P. Dechevrens et M. Tyndall semblent perdre de vue. « Dans ce travail, M. Leverrier cherchant la cause des perturbations de la planète Mercure, a été conduit à examiner si des astéroïdes répandus autour du soleil, dans la zone de la lumière zodiacale, ne pourraient pas être la cause de ces perturbations. Et il est résulté de ses calculs qu'*il est impossible d'attribuer à la lumière zodiacale une masse sensible* (3). » Il le faut cependant, dans l'hypothèse de sir W. Thomson. Cela est si vrai que ce savant renversa lui-même son hypothèse par la considération suivante. « Pour fournir au soleil la chaleur qu'il dépense seulement pendant un ou deux milliers d'années, la masse des astéroïdes qui circulent dans son voisinage devrait être assez considérable pour soumettre toutes les comètes à courte distance périhélie à une résistance que nos observations pourraient constater. Or ces comètes n'ont jusqu'ici révélé aucune perturbation semblable. »

Aussi, M. Thomson s'est-il rallié depuis aux idées d'Helmholtz, qui fixent l'état actuel de la question de l'origine et de la conservation de la chaleur solaire. Ce n'est pas le moment de les exposer ici; nous y reviendrons à l'occasion.

J. Thirion, S. J.

SCIENCES AGRICOLES.

L'acide phosphorique et la sélection de la betterave (1). — De même que la production du gluten dans le froment, la production du sucre dans la betterave paraît intimement liée à l'assimilation de l'acide

(1) C'était l'opinion de Newton reprise et développée plus tard par Buffon.
(2) *Annales de l'observatoire de Paris*, 1859, t. v.
(3) Voir Verdet, *Théorie mécanique de la chaleur*, t. II (t. VIII des Œuvres), p. 268.
(4) *Journal de la sucrerie indigène*, 1880.

phosphorique du sol. Cet acide joue un rôle capital dans le phénomène de la fructification, dont l'évolution normale est entravée dès que les phosphates font défaut. Il en est d'ailleurs absolument de même chez les animaux ; le défaut de phosphore entraîne un état de misère physiologique qui se manifeste, chez les animaux domestiques par le rachitisme, la scrofulose, la tuberculose et la stérilité. Il en est aussi de même chez l'homme dont les fonctions les plus élevées relèvent de la composition et de la nutrition du cerveau. Or, le cerveau consomme du phosphore en raison directe du travail accompli, comme nous le démontre à l'évidence l'analyse des urines.

M. Dubrunfaut, l'illustre inventeur de l'*osmose sucrière*, s'est consacré depuis de longues années à l'étude de la question phosphorique dans ses rapports avec la genèse agricole. Il insiste avec raison sur l'universalité de la loi de corrélation entre la composition matérielle des organismes et la perfection de leurs fonctions.

Lorsque l'on constate qu'une quantité presque homéopathique de fer suffit pour restituer au sang ou à la sève leurs qualités nourricières et régénératrices, on ne doit pas s'étonner de voir, dans le règne végétal, deux ou trois éléments régir et régulariser la production agricole, à des doses également infimes.

Or, parmi ces éléments minéraux le phosphore et ses composés dominent en quelque sorte l'évolution de la vie. Partout où une opération organique importante est en voie de s'accomplir, le phosphore apparaît comme condition fondamentale, depuis la cellule primitive de l'œuf ou de la levure jusqu'au cerveau de l'homme.

Un fait bien remarquable, c'est la merveilleuse puissance d'assimilation que possèdent les organismes pour cet élément, même dans les milieux où l'analyse chimique en révèle à peine de faibles traces. C'est ainsi, par exemple, que l'immense population des océans assimile incessamment des millions de kilogrammes d'acide phosphorique, bien que l'eau de mer n'en contienne de traces appréciables qu'à une certaine profondeur. C'est ainsi que des plantes, comme les Orchidées, puisent l'acide phosphorique dans l'atmosphère au moyen de leur racines aériennes sans jamais toucher le sol. Il n'est pas étonnant après cela que la betterave et le blé parviennent à retirer du sol des centaines de kilogrammes de phosphates, quand l'analyse constate à peine l'existence de quelques dix-millièmes d'acide phosphorique dans la terre arable.

Cette extrême diffusion du phosphore dans le sol n'empêche pas, il est vrai, le chimiste de reconnaître un titre moyen de 5 000 kilogrammes d'acide phosphorique par hectare pour les bonnes terres, ce qui représente plus de 10 000 kilogrammes de phosphates. Or, il est constaté aujourd'hui qu'une récolte moyenne de betterave sucrière n'enlève pas plus de 70 kilogrammes de phosphate calcaire par hec-

tare, et la récolte de froment qui la suit 50 à 60 kilogrammes. Mais toutes les terres ne sont point dans ce cas et les meilleures sont rapidement dépouillées de phosphore en raison même de la prodigieuse faculté d'assimilation des végétaux, exploitée et surmenée par la culture intensive, qui peut tripler le rendement des céréales et des betteraves.

Aussi M. Dubrunfaut n'hésite pas à proclamer que la question phosphorique renferme la solution du problème agricole, parce qu'il a constaté que la restitution rationnelle de l'acide phosphorique n'influe pas seulement sur le rendement, mais sur la qualité des produits élaborés par la betterave et par le blé. Il a découvert en effet un rapport presque constant entre les quantités de sucre et d'acide phosphorique contenues dans la racine, absolument comme M. Boussingault a constaté un rapport constant entre l'acide phosphorique du blé et le gluten.

Depuis lors, M. Ladureau a constaté que la proportion des graines de lin de même provenance est sensiblement la même, et qu'elle atteint son maximum dans les graines de Riga ; ce qui explique leur grande valeur comme semence.

Les graines d'importation directe renferment ordinairement près de 40 pour cent du poids des cendres, d'acide phosphorique ; celles de deuxième année ne renferment plus que 30 pour cent environ ; quant à celles de la troisième année, impropres à l'ensemencement, leur proportion moyenne d'acide phosphorique n'est plus que de 15 à 20 pour cent.

C'est à ce fait surtout qu'on doit attribuer les causes de la dégénérescence rapide des graines russes cultivées dans nos pays.

L'analyse des graines de betterave à son tour pourrait servir de contrôle pour apprécier la richesse variable des racines en acide phosphorique ; cependant ce procédé paraît moins sûr que l'analyse directe des racines. Pour élaborer 100 kilogrammes de sucre, on a calculé qu'il faut environ 1 kilogramme d'acide phosphorique ; tandis que la potasse et la soude varient, non poids pour poids, mais équivalent pour équivalent, et correspondent environ à 5 ou 6 kilogrammes pour cent de sucre. La chaux et la magnésie peuvent se substituer pour une petite part aux alcalis.

M. Dubrunfaut a complété ces observations par une étude sur la fonction de la magnésie (1) dont la présence dans les engrais paraît favoriser la fixation de l'ammoniaque sous forme de phosphate ammoniaco-magnésien, assimilable quoique insoluble. Un autre chimiste, M. Pellet, affirme que la magnésie peut contribuer aussi à faire pénétrer dans les plantes l'acide phosphorique nécessaire sous la même forme de phosphate ammoniaco-magnésien ou de phosphate de magnésie seulement, comme

(1) *La sucrerie indigène* et le *Journal des fabricants de sucre*, 1879-1880.

on le trouve dans les cendres des betteraves. La magnésie, en se substituant à la chaux, diminue le poids des cendres de la betterave, parce que son équivalent est beaucoup moins élevé. Ainsi l'on peut obtenir artificiellement des jus contenant des quantités très faibles de cendres, quoique la somme des acides neutralisés reste la même. Il peut être considéré comme démontré aujourd'hui, par les expériences des stations agricoles de l'Angleterre et de l'Allemagne, et des agriculteurs chimistes du nord de la France, que la betterave, contrairement aux turneps, dont le phosphore est aussi la dominante, peut fournir des récoltes très élevées en poids et en sucre à l'aide de principes exclusivement minéraux. A l'École de Grignon le plus fort rendement en racines et en sucre, a été obtenu par l'emploi de 400 kilogrammes de superphosphates à l'hectare (1).

M. Pagnoul, directeur de la station agricole du Pas-de-Calais, affirme d'une manière absolue, et ses expériences sont confirmées par de nombreux observateurs, que, pour la betterave à toutes les époques de la végétation, les engrais chimiques donnent beaucoup plus de richesse saccharine et moins de matière saline que le fumier.

L'analyse chimique a démontré péremptoirement que l'abondance du fumier, c'est-à-dire de l'azote organique lentement assimilable, est plus nuisible que l'azote ammoniacal et nitrique, parce qu'il agit surtout à la fin de la saison et lorsque son action est favorisée par des pluies abondantes Le rapprochement des plants, combiné avec l'emploi judicieux des engrais chimiques, donne presque partout d'excellents résultats. Les betteraves sont plus riches en sucre et plus pauvres en matières salines et, par suite, pour un même rendement en poids, elles n'exigent qu'une dépense d'engrais beaucoup moindre.

Toutefois M. Pagnoul a constaté que certains sols renferment assez d'acide phosphorique pour rendre la restitution inutile pendant un temps donné. Alors l'addition des phosphates n'entraîne aucune élévation de rendement.

Le directeur de la station agronomique du Nord, M. Ladureau, tire de ses expériences les conclusions suivantes :

1° L'azote que l'on met parfois en trop grande quantité à la disposition des betteraves, soit sous forme de sels ammoniacaux, soit sous forme de nitrates ou de matières organiques diverses, tourteaux, guanos, etc., est facilement absorbé et assimilé par les racines; lesquelles acquièrent

(1) *Bulletins des stations agronomiques de Prostau, Poppelsdorf, Halle, etc.*

Annales de la Société royale d'agriculture d'Angleterre Travaux de MM. Lawes et Gilbert.

Comptes rendus de la Société centrale d'agriculture du Pas-de-Calais, expériences commencées en 1871 par M. Pagnoul.

sous cette influence un développement préjudiciable à leur qualité de plantes saccharifères.

2° L'écartement trop grand des betteraves, excite le développement de leurs tissus cellulaire et fibreux au détriment de leur richesse saccharine.

3° La proportion d'azote qu'elles renferment varie en raison inverse de leur teneur en sucre.

Il montre, de plus, la fausseté de cette opinion généralement accréditée, que la culture des betteraves, pratiquée depuis un certain nombre d'années dans les terres fertiles du Nord, a fatigué ces terres et les a rendues impropres à cette culture.

« Ce n'est pas, dit M. Ladureau, par l'enlèvement d'une quantité relativement assez considérable de potasse et d'acide phosphorique, dont les terres du Nord sont, d'ailleurs, abondamment pourvues, que les betteraves cultivées aujourd'hui dans cette région ne renferment plus que la moitié de la proportion de sucre qu'elles avaient il y a vingt ans. C'est bien plutôt parce que l'apport continuel, fait par les cultivateurs sur leur domaine d'engrais presque exclusivement azotés, dans le but d'augmenter le poids de leurs récoltes, a enrichi le sol d'une telle proportion d'azote que les racines en trouvent trop pour leur végétation normale, et produisent alors un poids considérable de tissus cellulaires et de substances azotées, au lieu de produire du sucre.

» C'est une espèce d'indigestion, d'hypertrophie, produite par un excès d'aliment exclusif, et l'on peut dire que les indigestions sont aussi funestes aux végétaux qu'aux animaux. »

MM. Dehérain, Payen et Violette ont établi que le tissu cellulaire est moins riche en sucre, mais contient plus d'eau et plus de matière azotée que le tissu vasculaire (1). De là la conclusion que les betteraves seront d'autant plus riches que ce dernier tissu y sera plus développé, et que le tissu cellulaire le sera moins. Or c'est le cas des betteraves améliorées Vilmorin, où le tissu vasculaire domine de beaucoup et où, en même temps, les différences de composition entre les deux tissus sont peu importantes. Dans les betteraves à collet rose, au contraire, le tissu cellulaire tend à se former en quantité surabondante, et dans cette variété il n'est pas riche. Il faut donc que par les procédés de culture on fasse en sorte que ce développement soit modéré autant que possible, sans que néanmoins la croissance de la racine et la formation du sucre soient entravées. C'est dans ce sens qu'agit le rapprochement des racines. Alors le tissu cellulaire, qui exige plus d'eau et de matière azotée que l'autre, souffre dans son accroissement ; c'est pourquoi la betterave

(1) La betterave est formée de zones concentriques et alternatives de ces deux tissus inégalement riches en sucre.

est généralement riche en sucre dans les terres pauvres en azote, comme en Silésie.

Après ces considérations, il est facile de comprendre pourquoi les chimistes agricoles discutent si ardemment la valeur des différentes méthodes d'analyse qui permettent de déterminer les proportions relatives d'acide phosphorique, assimilables ou non.

L'on avait cru d'abord que l'acide phosphorique soluble dans l'eau était seul assimilable, mais l'observation prouve le contraire. Il fallut bientôt reconnaître que le phénomène de l'absorption par les capillaires des racines est plus complexe ; surtout quand M. Grandeau eut démontré (1) que les éléments fertilisants pénètrent par diffusion, sans qu'il soit nécessaire d'invoquer la dissolution préalable, le suc intérieur des racines étant toujours acide et agissant comme tel sur les corps solides en contact. Dès lors on rangea les combinaisons d'acide phosphorique soluble dans les acides faibles, comme les acides formés par les végétaux et l'humus parmi les engrais phosphatés assimilables. Tels sont les phosphates dits bicalciques ou rétrogradés, et les phosphates neutres de fer et d'alumine. Enfin l'on constata que les phosphates tricalciques et les phosphates peroxydés de fer et d'alumine, qui se trouvent dans la terre arable et ne sont attaqués dans les laboratoires que par les acides minéraux, sont réduits, par l'action de l'air sur le sol (labours) et des corps réducteurs tels que l'humus ou la chaux en excès, en des combinaisons solubles dans les acides faibles des végétaux, oxalates, tartrates, citrates. D'où il résulte que les phosphates minéraux, qui passaient jadis pour inassimilables s'ils n'étaient traités préalablement par des acides forts, sont aujourd'hui répandus sur le sol après avoir subi une pulvérisation préalable. Il y a longtemps d'ailleurs qu'en Angleterre on restitue au sol, sur une grande échelle, le phosphate tricalcique des os, après l'avoir broyé dans des moulins. En 1822 l'Angleterre tira de l'Allemagne plus de 30 millions de kilogrammes d'ossements recueillis sur les champs de bataille des guerres de Napoléon ; et plus récemment le *Times* demandait compte très sérieusement au commerce anglais de l'origine d'un chargement d'os arrivant de Sébastopol. M. Ménier s'est fait aujourd'hui avec succès le propagateur des engrais pulvérisés d'origine minérale, c'est-à-dire, des phosphorites et des coprolithes. Les alcalis, les nitrates, les chlorures et l'acide carbonique favorisent également la dissolution de l'acide phosphorique. M. Wagner (2) a remarqué que, dans les sols sablonneux dépourvus de calcaires, les phosphates insolubles à base calcaire, l'emportent même sur les phosphates solu-

(1) *Annales de la station agronomique de l'Est.*

(2) *Bulletins de la station agronomique de Gembloux. Bulletins de l'Académie royale de Belgique*, 1879.

bles qui sont entraînés par les pluies dans les profondeurs du sol. Cependant le commerce des engrais attribuait hier encore une valeur double au phosphate soluble, qui se vendait un franc le kilogramme. Le phosphate tribasique lui-même, qui contient un excès de chaux et ne renferme qu'un tiers de son acide soluble dans les citrates, est reconnu aujourd'hui entièrement assimilable, quoique plus lentement. La terre absorbe les phosphates bien avant les racines, et n'en permet la dissémination qu'en raison directe de son pouvoir absorbant. Ensuite, comme le fait très judicieusement observer M. Perrey (1), les fibrilles radiculaires viennent reprendre aux particules terreuses qu'elles atteignent la substance nutritive immobilisée par l'attraction de surface, ou par les propriétés colloïdes de l'humus et de l'argile. La solubilité de l'engrais a donc surtout pour utilité d'en permettre la dissémination sur un plus grand nombre de particules terreuses qui les absorbent, les précipitent et les restituent ensuite aux racines par voie d'endosmose. Voilà pourquoi la poudre de phosphates d'os, mélangée au purin ou au fumier, peut être précipitée sans devenir pour cela inassimilable, comme on l'avait cru jusqu'ici. Ce phosphate se trouve en effet répandu et disséminé à la surface des débris organiques avec une perfection que ne pourrait atteindre aucune main-d'œuvre. En outre ces débris, en se décomposant lentement, fournissent au phosphate une source continue d'agents dissolvants et par conséquent diffusifs.

On parvient, par le rapprochement des racines, à obtenir le même résultat en qualité, avec plus de rendement, sur les terres richement fumées.

MM. Correnwinder et Isidore Pierre ont fait voir que c'est dans les feuilles que le sucre s'élabore pour s'accumuler ensuite dans la racine ; ce que l'on pouvait prévoir *à priori*, puisque le tissu vasculaire de la racine n'est que le prolongement des vaisseaux des feuilles. Aussi les betteraves feuillues sont toujours riches, quand cette abondance de feuilles tient à la nature même de la race et non à des conditions anormales de végétation.

En résumé, par le rapprochement des racines, combiné avec la sélection de la graine et l'emploi judicieux des engrais chimiques, l'on peut obtenir aujourd'hui la qualité et produire jusqu'à 8 000 ou 10 000 kilogrammes de sucre à l'hectare. Les sels minéraux, surtout les chlorures et les nitrates, doivent être employés avec discrétion, parce qu'ils immobilisent, dans les mélasses, de trois à cinq fois leur poids de sucre, en formant des combinaisons insolubles.

Le nitrate passe dans les jus, se concentre dans les bas produits et

(1) *Bulletin de la Société des agriculteurs de France*, 1880.

occasionne des déflagrations (1). La betterave a une grande tendance à absorber les matières salines au détriment du sucre. Cependant la potasse peut lui être offerte à l'état de chlorure, parce qu'elle se porte plus facilement que les autres dans le collet et dans les feuilles, qui sont toujours éliminés, et ne se localise pas comme les nitrates dans les tissus. Si les nitrates de soude donnent de forts rendements en poids, en développant le tissu cellulaire, c'est toujours au détriment du sol et du rendement en sucre.

Les sels ne se concentrent dans le collet que lorsque la végétation s'arrête; c'est pourquoi une betterave qui pousse encore à la récolte est pauvre en sucre extractible. Le fumier, qui se décompose sans interruption dans les années humides, présente cet inconvénient et pousse au développement exagéré du tissu cellulaire des feuilles et des racines. Dans les années sèches au contraire, le fumier n'est pas absorbé, surtout dans les sols où le défaut de calcaire et d'humus entrave la nitrification. En mélangeant aux engrais chimiques des tourteaux et des engrais d'origine organique, dans les proportions d'un tiers ou d'un quart, on peut remplacer avantageusement le fumier qui agit trop peu au début et trop à la fin de la seconde période de la végétation. La plupart des industriels du Nord en sont arrivés ainsi à exclure presque complètement le fumier de cette culture, et à le remplacer par ces engrais spéciaux qui se décomposent graduellement sans fermentation sensible.

En tout cas, il ne faut jamais dépasser 20 000 kilogrammes de fumier enfouis à l'automne, sauf à restituer au printemps 800 kilogrammes des engrais chimiques en question. L'azote doit être absorbé deux mois avant la période active de la végétation ; quand la plante a fleuri, elle n'absorbe plus guère de sels fertilisants. Il ne faut pas semer la graine en même temps que l'engrais, pour ne pas entraver la germination. Si l'on cultive exclusivement aux engrais chimiques, la moitié de l'engrais doit être enterrée par un labour léger, sur lequel on sème l'autre moitié. Ce procédé, recommandé par la Compagnie de fertilisation de Clichy-la-Garenne, lui a permis d'obtenir de nombreuses récoltes sans interruption et sans fumier sur la même terre depuis 1873 (2).

La culture du blé après betterave est rémunératrice, parce que cette racine pivotante laisse reposer les couches superficielles du sol où le blé s'alimente, et favorise l'oxydation du sol et du sous-sol par les labours et les fréquents sarclages qu'elle exige. Or, nous avons vu que cette

(1) Le 13 octobre 1877 deux hommes ont été tués, à la sucrerie de Blandain, par la déflagration subite d'un bac de sucre extrait de betteraves fumées au nitrate de soude.

(2) *Moniteur des consulats*, 1880.

oxydation favorise la dissolution des éléments fertilisants insolubles du sol et des engrais. Il se peut aussi que la betterave pivotante, comme la luzerne, joue le rôle de mineur, et ramène à la surface des éléments fertilisants du sous-sol. Enfin, par ses grandes surfaces foliacées, elle fixe l'azote et le carbone atmosphérique, sources précieuses d'humus et d'engrais.

Sélection des céréales (1). — Les céréales, comme la vigne, reflètent dans leurs qualités la composition du sol.

Ainsi les orges des argiles lourdes donnent des produits abondants mais grossiers, et celles des sables marneux et des limons, ont plus de rondeur et moins de prix aux yeux des brasseurs, qui apprécient aussi la qualité des races dues à la sélection. Au contraire, celles des calcaires légers ont des enveloppes minces, sont peu denses, de belle couleur, et très propres à la brasserie. C'est en cultivant cette céréale sur un sol particulier, et en pratiquant la sélection par le choix de la graine, que l'on a obtenu les orges Chevalier et Victoria, les premières du monde. Ces orges, à raison de cent hectolitres de semence à l'hectare, donnent un rendement de 30 à 50 hectolitres de grain supérieur, ce qui constitue un bénéfice de deux francs par hectolitre sur les récoltes ordinaires, sans compter le surcroît de rendement qui s'élève parfois à 10 et 20 hectolitres ; soit en moyenne, un bénéfice de 200 fr. sur un rendement de 590 fr. par hectare.

Le froment de Hallet, dont la renommée est aujourd'hui européenne, a été obtenu par le même procedé, c'est-à-dire par l'observation et l'expérimentation judicieuse, le choix des graines, du sol, et de l'engrais. Pourquoi nos cultivateurs n'obtiendraient-ils pas, par l'application de ces méthodes, les mêmes résultats que nos voisins d'outre-Manche, et ne parviendraient-ils pas à produire, eux aussi, des races de plantes améliorées et adaptées au climat comme nos races de bétail ?

Il ne faut pas se faire illusion, toutes les céréales exportées d'Angleterre ne conviennent pas également à notre climat continental, plus froid et plus sujet aux extrêmes de température.

C'est ainsi que l'on voit, par les hivers rigoureux, les variétés indigènes et vulgaires résister à la gelée que les blés anglais ne supportent pas.

En Belgique, où l'on cultivait avec succès le Nursheri à grain rouge et le Victoria à grain blanc, à cause de leur grand rendement en paille et en blé, et de leur rusticité relative (moyenne 31 fr. par quintal métrique

(1) *Rapport annuel du directeur de l'Institut de Gembloux au ministère de l'intérieur* (1880).

à raison de 22 à 24 quintaux par hectare, environ 3000 kilog.), on a remarqué qu'ils livraient à la meule moins de farine et plus de son que certaines espèces indigènes à rendement moins élevé, mais contenant plus de gluten et de fécule dans un péricarpe plus mince. C'est alors que l'Institut agronomique de l'État a cherché à développer par la sélection, une variété indigène qui présentait ces avantages, en même temps qu'elle offrait moins de prise aux éléments. Le dernier rapport de cet institut constate que l'on est déjà parvenu à élever le rendement par le développement simultané de la paille et de l'épi, de façon que l'on obtient un produit triple en grain et quadruple en poids de ce qu'il était à l'origine. La variété indigène de froment appelée vulgairement *petit roux* est rustique, et donne une excellente farine, assez riche en gluten. La pâte lève bien et donne un pain savoureux très recherché. Aussi le grain se vend-il un ou deux francs de plus que celui de Nursheri.

La paille aussi est longue et abondante, mais le rendement n'est pas considérable. M. Lejeune constate que les épis, longs de 6 à 8 centimètres, ne comptent que deux rangées d'épillets, contenant chacun deux petits grains en moyenne, soit 24 à 32 grains très petits par épis. En procédant par sélection pendant plusieurs années, il est parvenu à obtenir des épis de 15 à 16 centimètres de longueur, composés de deux rangées de 14 épillets, contenant chacun en moyenne, trois grains très gros ; ce qui fait 84 grains par épi bien conformé, c'est-à-dire un produit triple en grains et quadruple en poids.

Cette variété nouvelle sera bientôt adoptée par tous les cultivateurs belges, parce qu'elle répond le mieux aux exigences de la culture intensive, et l'emporte en qualité sur le froment américain.

La méthode usitée en Angleterre pour se procurer du blé de semence a donné également en Suisse des résultats excellents (1).

Tous les deux ans, après avoir mis à part le plus beau blé, l'on trie et l'on coupe aux ciseaux assez d'épis pour se procurer 100 kilogrammes de blé de semence.

A raison de 50 kilogrammes par pose (de 27 ares), on sème deux poses qui, l'année suivante, rendent de 20 à 30 quintaux, soit la totalité des semences. L'année d'après, on recommence sur le plus beau blé de choix, de sorte que l'on renouvelle constamment ses semences en les améliorant.

Les caractères obtenus par cette méthode sont d'autant plus fixes que le procédé de sélection a été employé plus longtemps, car il en est d'une variété de blé comme d'une variété de fleurs. M. Micheli a obtenu ainsi une grande augmentation de rendement variant de 30 à 50 kilogrammes par pose (parfois plus), il a éliminé complètement les épis

(1) *Journal de la Suisse romande*, 1880.

barbus, fréquents dans les blés du canton de Genève et de la Savoie, qui sont moins grenés et par conséquent produisent moins que le bon blé mottet de la Suisse.

La vente de ces blés améliorés est immédiate, ils obtiennent, suivant M. Micheli, quatre à six francs de plus par 100 kilogrammes que les blés marchands. Mais cet habile agronome affirme que l'emploi des semences de sélection ne constitue qu'un des éléments d'une bonne récolte, et qu'il faut y joindre un bon assolement, une bonne culture et la destruction énergique des mauvaises graines, sans oublier le vitriolage des semences; il constate aussi qu'il vaut mieux se servir des blés indigènes, parce que les blés étrangers, quelque beaux qu'ils soient, dégénèrent dès la seconde année et ne supportent pas les conditions atmosphériques.

A. Proost.

GÉNIE CIVIL.

Bulletin du ministère des travaux publics (1). — *Statistique pour la France.* Dans notre précédente revue (2), nous avons dit quelques mots au sujet de cette publication très intéressante dont nous venions de recevoir un premier numéro. Les numéros suivants sont loin de démentir les promesses que donnait le premier. Nous en analyserons rapidement les parties les plus importantes.

Signalons tout d'abord une série de tableaux des tonnages des marchandises transportées sur les principales voies de communication de France en 1878. La série commence par un tableau synoptique comprenant les données principales relatives aux transports des marchandises en 1878 sur les chemins de fer, les voies navigables et les routes nationales. On y distingue les colonnes suivantes :

Désignation des voies : 1° chemins de fer ; 2° voies navigables ; 3° routes nationales.

Longueurs moyennes exploitées en 1878, partielles — totales.

Tonnage effectif, partiel — total.

(1) Paris, Imprimerie nationale, 1880.
(2) Livraison d'avril 1880.

Tonnage ramené au parcours d'un kilomètre, partiel — total.
» moyen ramené à la distance entière, partiel — total.
Parcours moyen.
Frais de premier établissement, etc., absolus — partiels — totaux.
» » » par kilomètre, — partiels — totaux.
» » » par tonne kilométrique, partiels — totaux.
Frais de transport à la charge des usagers, par tonne kilométrique.
» » » » totaux.
Pourcentage du nombre de tonnes kilométriques.

Une note préliminaire établit quelques définitions, résumées dans les formules suivantes :

Soient t, t', t''... les tonnages parcourant respectivement les distances d, d', d''... sur une section de longueur totale D. Les différentes expressions de tonnage peuvent se représenter :

Tonnage effectif, par la formule $t + t' + t''...$

Tonnage ramené au parcours d'un kilomètre, $\frac{td + t'd' + t''d''...}{D}$

Parcours moyen d'une tonne, $\frac{td + t'd' + t''d'...}{t + t' + t''...}$ (1)

Statistique pour l'étranger. Chaque numéro se compose de deux parties principales, l'une relative à la statistique et à la législation des travaux publics en France, l'autre aux mêmes objets à l'étranger.

Concernant la Belgique, nous remarquons un tableau et un diagramme, très clairement établis, donnant les résultats de l'exploitation du réseau de l'État belge, de 1835 à 1878 (2).

En 1835, il y avait 13 kilomètres de chemins de fer exploités par l'État, et le taux du rapport du produit net aux avances du Trésor montait à 2,11 p. c.

En 1878, la longueur totale du réseau de l'État belge atteignait 2 210 kilomètres et le taux du même rapport ne s'élevait qu'à 3,42 p.c.

Ce rapport a atteint son taux minimum en 1838 où il s'est abaissé à 0,58 p. c., et son taux maximum en 1861 où il est monté jusqu'à 8,03 p. c.

Un tableau statistique non moins curieux pour la Belgique est celui du mouvement comparé de la navigation maritime et fluviale dans les ports de Hambourg, d'Anvers et du Havre. C'est une reproduction d'une an-

(1) Février 1880, p. 101.
(2) Février 1880, pp. 144 et 145.

nexe au rapport fait, au nom de la commission chargée d'examiner le projet de loi ayant pour objet la déclaration d'utilité publique de la construction d'un canal du Havre à Tancarville, par M. Eugène Mir, député (1).

Il en résulte que le mouvement maritime, accusé par la jauge des navires transporteurs, à l'entrée et à la sortie, est plus grand dans le port d'Anvers que dans le port de Hambourg et dans celui du Havre.

A Anvers, cette jauge s'élevait, en 1874, à 4 200 898 tonneaux, et en 1878, à 5 443 274 tonneaux.

A Hambourg, elle atteignait, en 1874, 4 194 295 tonneaux, et en 1878, 4 558 458 tonneaux seulement.

Au Havre, la différence *en moins* est plus considérable encore : en 1874, 3 438 401 tonneaux, et en 1878, 4 341 305 tonneaux.

Mais, Anvers ne s'est pas tenu au premier rang en ce qui concerne le mouvement fluvial. Celui-ci se mesurait en 1874 par 1 153 886, 1 083 158 tonneaux, 179 952 tonnes respectivement à Anvers, à Hambourg et au Havre, tandis qu'en 1878 on obtenait 1 926 581, 1 512 039 tonneaux, 207 998 tonnes respectivement à Hambourg, à Anvers et au Havre.

Ainsi, à Hambourg, malgré l'existence de quatre voies ferrées, la navigation fluviale a augmenté, dans la période 1874-1878, de 95 p. c.; Anvers et le Havre sont restés en arrière avec des augmentations de 31 p. c. et de 15,5 p. c.

Législation comparée des travaux publics. La même distinction existe dans ce chapitre du *Bulletin* que dans le précédent. D'une part, les textes législatifs, les circulaires, les documents divers, relatifs aux lois et règlements qui régissent les travaux publics de la France; d'autre part, des pièces semblables concernant les travaux publics de l'étranger.

Documents français. En France, nous remarquons la circulaire, en date du 19 juillet 1880, définissant le profil en travers, type des canaux adopté pour les lignes principales du réseau navigable, et le diagramme y annexé reproduisant le dessin de ce profil en travers (2).

Les lignes principales du réseau navigable doivent avoir, au minimum, les dimensions :

Profondeur d'eau	$2^m,00$
Largeur des écluses	$5^m,20$
Longueur des écluses entre la corde du mur de chute et l'enclave des portes d'aval	$38^m,50$
Hauteur libre sous les ponts.	$3^m,70$

(1) Février 1880, p. 152.
(2) Août 1880 — pp. 92 à 98.

La circulaire définit, autant que cela est possible, d'une manière générale, les points suivants :

1° La largeur au plafond.

2° La profondeur de ce plafond au-dessous du niveau normal du bief.

3° L'inclinaison des talus intérieurs de la cuvette.

4° Les dispositions spéciales à prendre pour la défense de ces talus à la ligne d'eau.

5° La hauteur des chemins de halage au-dessus du niveau normal des biefs.

6° La largeur des chemins de halage et de contre-halage ; leur pente transversale.

7° L'inclinaison des talus extérieurs, soit en déblai, soit en remblai.

8° Les fossés ou rigoles d'assainissement ; les contre-fossés latéraux. etc.

Chacun de ces paragraphes est développé avec concision et dans ce style, aussi clair qu'élégant, qui distingue plusieurs des grandes administrations françaises.

Nous ne pouvons songer à résumer ces intéressants développements, dus aux ingénieurs les plus éminents du corps des ponts et chaussées français. Notons cependant la formule empirique

$$x = 10 \text{ mètres} + \frac{380 \text{ mètres}}{R},$$

donnée par la Commission pour le cas des courbes dans lesquelles, le rayon étant inférieur à une certaine limite, la largeur du plafond doit être augmentée d'une quantité d'autant plus grande que le rayon est plus faible.

Dans la formule précédente, x représente la largeur mesurée à 2 mètres en contre-bas de la retenue normale, et R le rayon de l'axe.

Il est spécifié que cette formule s'applique au cas où le profil comporte des talus en terre ; en sorte que, au niveau du fond des bateaux qui n'enfoncent que de $1^m,80$, la largeur libre est augmentée de 60 ou de 80 centimètres, suivant que ces talus sont inclinés à $1\frac{1}{2}$ ou 2 de base pour 1 de hauteur.

Pour des rayons compris entre 100 et 1000 mètres, les largeurs ainsi obtenues assurent un jeu total variant de 60 centimètres à 1 mètre pour les talus à $1\frac{1}{2}$ pour 1, et de 80 centimètres à $1^m,20$ pour les talus à 2 pour 1, les plus grands jeux correspondant d'ailleurs aux courbes les plus raides.

Les largeurs nécessaires, augmentant rapidement à partir du rayon de 200 mètres, il semble convenable, dit la Commission, de ne pas des-

cendre au-dessous de cette limite, à moins de sujétions locales impérieuses.

Notons encore deux autres recommandations de la circulaire du 19 juillet 1880.

La largeur de 10 mètres, au plafond, généralement admise par les ingénieurs, doit être le plus souvent mesurée au niveau du plafond *théorique,* supposé établi à 2 mètres en contre-bas de la retenue. En pratique, le plafond est descendu $0^m,20$ plus bas, pour compenser les envasements et les ensablements, qu'on peut dès lors laisser s'accumuler pendant un temps plus ou moins long, avant d'en entreprendre le curage ou le dragage. Il en résulte que la largeur mesurée au niveau du plafond réel n'atteint pas tout à fait 10 mètres.

La Commission recommande, sans en faire une prescription absolue, l'emploi de deux chemins de halage ayant chacun 4 mètres de largeur. Cette disposition lui a paru bonne, parce qu'elle permet aux charretiers de changer de rive, quand le vent pousse les bateaux par le travers. La Commission émet le vœu, pour le cas où il y aura un bourrelet de sûreté, que celui-ci soit pris en dehors de la largeur de 4 mètres, afin que cette largeur reste entièrement libre pour le halage.

Documents étrangers. — Un des documents qui intéressent le plus la législation étrangère des travaux publics est un abrégé du remarquable rapport rédigé par M. l'inspecteur général des ponts et chaussées Lalanne, délégué français, au sujet de la délimitation de la Roumanie sur la rive droite du Danube et l'étude de l'emplacement d'un pont aux abords de Silistrie (1).

La *Commission technique*, qui s'est occupée de cet objet, n'a fait que continuer l'œuvre de la *Commission de délimitation* qui a opéré, en 1878, en vertu de l'art. 2 du Traité de Berlin.

Les hommes spéciaux, délégués par l'Allemagne, par l'Autriche-Hongrie, par la Grande-Bretagne, par l'Italie et par la Turquie firent à leur collègue français l'honneur de lui confier la direction des débats. Ceux-ci furent purement techniques.

Il s'agissait de déterminer une direction pour le pont et pour les chaussées destinées à le relier aux contrées voisines. Le problème, ainsi posé implicitement par le Congrès de Berlin, est l'un des plus difficiles que l'art de l'ingénieur ait à résoudre. La Commission technique, eu égard à la pénurie de travaux et de documents préliminaires ainsi qu'à l'avancement de la saison, n'a pu fonder sa décision que sur certains éléments principaux. Elle a posé en principe, 1° qu'il était possible d'établir un pont sur le Danube dans ces parages où, à l'époque des hautes eaux, le fleuve s'étend sur plus de 8 kilomètres entre les coteaux

(1) Mai, 1880, pp. 359 à 366.

qui limitent de part et d'autre le champ des inondations ; 2° qu'il fallait préférer le tracé par Calarache, déjà proposé par la Commission de délimitation.

L'établissement de ce pont nécessitera, croit la Commission, l'emploi de piles assises sur un fond résistant, à 30 ou 36 mètres sous le niveau de la surface du fleuve. Il ne paraît pas qu'une profondeur de fondation aussi considérable ne puisse être réalisée. Rarement, cependant, elle a été atteinte ; on ne cite qu'un exemple, celui du pont de Poughkeepsie, sur l'Hudson, aux États-Unis ; là, les fondations ont été descendues jusqu'à 38 mètres sous le niveau des basses eaux (1).

On le voit : *le Bulletin du ministère des travaux publics*, rédigé sous la haute direction de M. l'ingénieur en chef Cheysson, offre une source abondante, où tous ceux qui s'intéressent aux travaux publics peuvent puiser, à coup sûr et à très bon marché.

Le canal interocéanique de l'isthme de Panama. — Il a été beaucoup question de ce projet grandiose, dans les nombreux pays où M. de Lesseps est allé, il y a peu de temps, donner des conférences sur cette voie de communication. Les causeries de l'éminent créateur du canal de Suez sont faites pour le public ordinaire ; elles sont plus récréatives que réellement scientifiques. Mais, on se tromperait si l'on s'imaginait que le problème nouveau, auquel M. de Lesseps voue les années de sa verte et énergique vieillesse, n'a pas été examiné, sous cette haute direction, d une façon réellement approfondie.

Ce n'est pas ici le lieu de résumer le volume publié sous les auspices de la Société de géographie de Paris et renfermant le compte rendu officiel des travaux du Congrès international d'études du canal interocéanique.

On y trouve des rapports d'une grande valeur scientifique parmi lesquels nous citerons celui de M. Voisin-bey, ingénieur en chef des ponts et chaussées, rapporteur de la commission technique du Congrès, et celui de M. Levasseur, membre de l'Institut de France et rapporteur de la commission de statistique.

Nous nous bornerons à faire connaître, brièvement, l'état actuel de la question, en nous aidant surtout de la publication fort pratique que M. de Lesseps a commencée, dès le 1er septembre 1879, sous le titre de *Bulletin du canal interocéanique* (2).

Il va sans dire que l'exposé suivant est fait presque uniquement au point de vue du génie civil.

(1) *Les chemins de fer en Amérique*, par E. Lavoinne ingénieur en chef des ponts et chaussées et E. Pontzen, ingénieur, ancien élève de l'École des ponts et chaussées, 1880, tome I, p. 287.

(2) *Bulletin du canal interocéanique*, paraissant le 1er et le 15 de chaque mois, 9, rue Charras, à Paris.

Devant la commission technique du Congrès, comparurent de nombreux auteurs de projets, MM. Ammen, Menocal, Selfridge, de Garay, Blanchet, Belly, Wyse et Reclus, Mainfroi, de Puydt.

Les divers tracés, ainsi présentés et discutés, se rapportaient à divers endroits du grand isthme qui réunit le nord et le sud du Nouveau-Monde. Citons les isthmes de Téhuantépec, de Honduras ; le Nicaragua, Panama, San-Blas, le Darien.

Les projets de canaux se partageaient d'ailleurs en deux grandes classes : les uns à niveau, les autres à écluses.

La discussion ne tarda pas à porter uniquement sur deux projets : l'un par le lac Nicaragua, l'autre par l'isthme de Panama.

Le premier avait pour auteur un ingénieur américain, M. Menocal ; le second, deux officiers de la marine française, MM. Wyse et Reclus. Celui-ci était un canal à niveau ; celui-là, en raison même de la position assez élevée du lac Nicaragua et de la distance, relativement faible, entre ce vaste réservoir et l'océan Pacifique, devait comporter des écluses.

MM. Wyse et Reclus avaient proposé de franchir la Cordillère à l'aide d'un tunnel aux gigantesques proportions, 34 mètres au-dessus du niveau moyen des eaux. Le hardi entrepreneur du tunnel du Saint-Gothard, feu M. Favre, mort avant d'avoir vu le parachèvement de son œuvre, ne craignait point d'entreprendre le creusement de ce chenal souterrain. Mais la difficulté, pour les navires, de se trouver, sur un long trajet, hors de l'air libre et de la lumière du ciel, fit préférer au tunnel une tranchée qui franchira le seuil de Panama, moyennant une profondeur maxima de 87 mètres. Ce chiffre ne présente rien d'anormal, puisqu'il existe des tranchées de 65 mètres non loin de Mexico.

Mais revenons à la comparaison des deux projets, en la poussant plus loin.

On peut la résumer comme suit (1) :

Canal éclusé par le Nicaragua.

Longueur du tracé	295 kilomètres.
Largeur au plafond	15^m, 18^m et 22^m.
Profondeur uniforme	$7^m,93$.
Cube total des terrassements	52 793 000 m. c.

39 courbes en déblais ou remblais, dont 28 avec des rayons de 670^m, 750^m, 900^m, 1200^m et 1500^m, trop faibles pour la navigation maritime.

16 coudes brusques dans le fleuve avec des rayons de moins de 500^m.

21 écluses.

5 barrages.

(1) *Bulletin du canal interocéanique*, 1re année, n° 4, pp. 28 et 29.

47 kilomètres d'endiguement.

Ports à créer sur le Pacifique et l'Atlantique.

Pas de voie ferrée, offrant des ressources pour les nombreux transports à effectuer lors de la construction.

Canal à niveau et à ciel ouvert par Panama.

Longueur du tracé	73 kilomètres.
Largeur uniforme au plafond	22m.
Profondeur uniforme	8m,50
Cube total des terrassements . . .	46 150 000 m. c.

15 courbes d'un rayon minimum de 3000 mètres.

1 écluse de marée sur l'océan Pacifique.

3 barrages pour la rivière Chagres.

3 ponts pour le chemin de fer.

Deux ports aux extrémités, qui nécessiteront seulement des améliorations : Panama sur l'océan Pacifique ; Colon-Aspinwall sur l'océan Atlantique.

Le chemin de fer de l'isthme de Panama offrira toutes facilités pour les transports.

Il n'est pas possible de rappeler, dans une revue du genre de celle-ci, tous les avantages qui s'attachaient à ces deux tracés.

Les avantages en faveur de Panama ont paru plus nombreux ; ils ont emporté le vote du Congrès, émis à une grande majorité.

M. Dirks, ingénieur en chef du Waterstaat hollandais, résume ainsi, dans une lettre adressée à M. de Lesseps, les motifs qui ont plaidé pour Panama : « Au Nicaragua, un passage de quatre jours et demi ; au Panama, deux jours. Au Nicaragua, de fréquents tremblements de terre ; au Panama, rien de la sorte. Enfin, au Panama, une contrée peuplée et le voisinage d'un chemin de fer en exploitation (1). »

L'une des raisons qui suffisaient, semble-t-il, pour écarter le projet du Nicaragua, ainsi que l'a d'ailleurs fait remarquer le président de la Commission technique du Congrès, M. l'inspecteur général des ponts et chaussées de Fourcy, c'est la fréquence des tremblements de terre dans cette région du grand isthme américain. Comment ne pas craindre que les bajoyers des écluses ne se fendillent souvent, si on les assied sur un sol aussi mobile? A Panama, plus au sud, la contrée, éloignée de la région des volcans en action ou éteints, est beaucoup mieux à l'abri des tremblements de terre. Au surplus, il n'y a qu'une écluse, et c'est une écluse à la mer.

Une autre raison, fort importante, que les partisans du passage par Panama ont invoquée, est la préférence qu'il convient de donner à un

(1) *Bulletin interocéanique*, 1re année, n° 1, p. 3.

canal à niveau plutôt qu'à un canal à écluses, surtout lorsqu'il s'agit de la navigation maritime, où les bâtiments jaugeant 3 000 tonnes ne sont pas rares.

Une écluse offre déjà un obstacle à la navigation fluviale, non seulement par la durée du passage, mais encore par d'autres pertes de temps, des causes de retard multiples, plus ou moins accidentelles. C'est à ce point que, selon M. l'ingénieur en chef Flament, on peut admettre que le passage d'une écluse équivaut à peu près à deux kilomètres en moyenne, c'est-à-dire que deux canaux, l'un de 100 kilomètres sans écluses, l'autre de 60 kilomètres, avec 20 écluses, seront équivalents pour les transports, comme temps et comme prix du fret, les 20 écluses du second compensant l'avantage de 40 kilomètres qu'il a sur le premier (1).

D'ailleurs, le moindre accident, une crevasse dans un bajoyer, la rupture d'une vanne de porte, peut amener de terribles conséquences dans les grandes écluses appelées à recevoir des navires au long cours. Un accident récent, et très grave, survenu à l'écluse n° 2 du canal Lachine, latéral au fleuve Saint-Laurent, à Montréal (Canada) en est une preuve bien évidente (2).

D'après ce qui précède, la comparaison des deux tracés par le Nicaragua et par Panama, est favorable à ce dernier.

Il ne semble pas, à première vue, qu'il en doive être de même au point de vue de la dépense. L'estimation du projet de Nicaragua, présentée au Congrès, ne s'élevait qu'à 570 millions de francs, tandis que la dépense relative au projet de Panama semblait devoir ne pas être inférieure à 1070 millions.

Un examen plus approfondi démontre que la première évaluation était trop faible et que la seconde était trop élevée. Ainsi dans le projet de M. Menocal, par Nicaragua, une somme notable doit être ajoutée à l'évaluation ci-dessus, par suite des modifications à apporter aux courbes, projetées avec des rayons trop faibles (3).

Comme le lecteur le verra plus loin, c'est à 612 millions environ que l'estimation du canal par Panama semble pouvoir être ramenée. Il apparaît dès lors que, sous le rapport de la dépense, les deux projets se présentent dans des conditions identiques.

Mais le Congrès s'est décidé en faveur de Panama, on ne doit pas l'oublier, même en admettant comme exactes les deux estimations de 570 millions d'une part et de 1070 millions de l'autre.

« Même avec ce dernier chiffre de dépense de construction, dit le rapporteur de la commission technique du Congrès, M. l'ingénieur

(1) *Bulletin interocéanique*, 1re année, n° 5, p. 39.
(2) Ibid., n° 23, p. 224.
(3) Ibid., n° 4, p. 31.

en chef Voisin-bey, le canal à niveau sera rémunérateur ; car, ici, on ne sera pas limité, comme dans l'entreprise de Suez, pour la fixation du tarif. On pourra donc parfaitement adopter le chiffre de 15 francs par tonne ; et il suffira, dès lors, d'un passage de 4 millions de tonnes, chiffres bien inférieurs aux évaluations de la commission de statistique, pour fournir l'intérêt à 5 0/0 des capitaux engagés, comme terme du montant des frais annuels, évalués à 6 500 000 francs. Or, le canal à niveau est incontestablement le meilleur et, par conséquent, la véritable solution pour le canal interocéanique, car il faut que les navires aient la certitude de ne pas être arrêtés, et un canal maritime à niveau offre, sous ce rapport, une sécurité beaucoup plus grande qu'un canal à écluses (1). »

Telle était la conviction de la commission technique en faveur de Panama, que les ingénieurs qui la composaient se sont eux-mêmes employés à triompher des deux objections principales que soulevait ce projet.

Celui-ci emprunte une grande partie du thalweg du rio Chagres. C'est une rivière à débordements violents que l'on a vue monter de 6 mètres dans l'espace d'une nuit. MM. Wyse et Reclus projetaient, ainsi qu'on a pu le voir plus haut dans l'énumération des différentes parties de leur tracé, de vastes barrages commandant des vallées-réservoirs, où ils emmagasinaient le trop-plein des eaux du Chagres, de façon à assurer un écoulement moyen de 100 mètres cubes par seconde. Sur les conseils de la Commission, on projeta de creuser latéralement au canal un lit spécial pour la rivière. Voilà pour la première objection.

La seconde provenait de la différence d'amplitude attribuée à la marée sur le Pacifique et sur l'Atlantique ; là cette amplitude atteindrait 6 mètres ; ici, $0^{m},60$ seulement. Il en résulterait des courants de 4 à 5 nœuds de vitesse dans le canal, lesquels seraient gênants pour la navigation. La Commission technique suggéra l'idée d'établir à Panama une porte de marée, et de construire à l'entrée du canal un bassin d'attente, où les navires procéderaient aux formalités de douane et d'acquit, en attendant l'heure favorable (2).

Un homme de génie, comme M. de Lesseps, ne pouvait, avant de se lancer dans l'entreprise gigantesque qui sera le couronnement de son étonnante carrière, se contenter des lumières d'un Congrès, si distingués et si pratiques qu'en fussent les membres.

Comme toujours, de nombreuses critiques venaient à la traverse de l'œuvre, les unes émanant des hommes techniques, qui notamment soulevaient de nouvelles difficultés au sujet de la retenue et de la régularisation des eaux du rio Chagres, de la différence d'amplitude des marées dans les

(1) *Bulletin interocéanique*, 1re année, n° 1, p. 6.
(2) Ibid., n° 5, p. 24.

deux océans, et enfin du mauvais climat sous lequel des légions d'ouvriers seraient appelés à travailler. La politique même qui semble, dans la plupart des questions, avoir le privilège d'apporter plus d'entraves que de lumière, élevait de nombreuses contradictions, aux États-Unis d'Amérique surtout.

M. de Lesseps a trop de volonté, une perspicacité trop fine, pour se laisser arrêter en chemin. Il alla au-devant des objections. Il s'embarqua, le 8 décembre dernier, pour Panama, accompagné de sa famille, et d'une partie de la Commission technique internationale, qu'il avait chargée d'étudier les conditions définitives d'exécution du canal de Panama.

Cette commission était composée d'hommes spéciaux d'un réel mérite, MM Totten (Amérique du Nord), J. Dirks (Hollande), E. Boutan (France), W. W. Wright (Amérique), V. Dauzats (France), Pedro J. Sosa et Alejandro Ortega (Colombie), A. Couvreux fils et Gaston Blanchet de la grande maison d'entreprise de travaux publics Couvreux et Hersent, à Paris.

Cette commission elle-même, composée d'ingénieurs hydrauliciens, des mines, civils, était assistée de tout un groupe d'opérateurs, armés des instruments nécessaires pour faire les opérations graphiques qui seraient jugées utiles en vue d'élucider les principaux problèmes de l'entreprise.

Dès son arrivée à Panama, M. de Lesseps traça un programme d'études à la commission qui avait bien voulu le seconder. Notons, dans ce mémorandum, le passage suivant, où nous relevons un éloge bien mérité de feu M. l'ingénieur Bidaut, ancien secrétaire général du ministère des travaux publics en Belgique. M. de Lesseps y conseille l'emploi d'un seul barrage au lieu de ceux primitivement projetés.

« L'opération qui m'a paru devoir appeler particulièrement votre attention et l'application raisonnée de votre science est celle du barrage du Chagres au point que vous indiquerez. Permettez-moi de vous rendre compte, à ce sujet, de mes propres observations et d'appeler votre attention sur les précédents d'une telle entreprise, si bien décrits par l'éminent ingénieur Bidaut, auteur du barrage de la Gileppe, en Belgique :

» Au lieu de plusieurs barrages, dit M. Bidaut, un seul est préférable; » une hauteur de 45 mètres n'est pas sans précédents.

» Le barrage d'Alicante compte près de trois siècles d'existence, il a » 41 mètres de hauteur sur 34 mètres d'épaisseur en bas et 20 mètres » au sommet.

» Le barrage du Furens, près de Saint-Étienne, mesure 56 mètres de » hauteur, 41 mètres d'épaisseur.

» Le choix de l'emplacement doit être déterminé surtout par les con-

» ditions de stabilité d'assise, d'incompressibilité et d'imperméabilité
» des roches.

» Pour qu'un barrage résiste à l'action lente et à la pression des
» eaux, il faut avant tout que l'encastrement dans les roches de flanc
» soit solide. Il faut aussi que l'assise soit inébranlable, que la liaison
» soit intime entre le sol et la base de la maçonnerie. »

« Ne craignez pas, pour le barrage du Chagres, ajoute M. de Lesseps, d'exagérer les conditions de stabilité (1). »

La Commission technique, ainsi guidée, se mit promptement à l'œuvre et exposa ses travaux sur le terrain dans un rapport remarquable que nous ne pouvons nous dispenser de résumer. Il est d'ailleurs très intéressant pour les lecteurs techniques (2).

1° *Vérification par des nivellements du tracé général entre Colon et Panama.* — Cinq brigades de nivellement ont levé 58 profils en travers de la ligne du canal, et les ont rattachés au profil en long, déjà connu, du chemin de fer latéral existant. Des sondages en mer ont été pratiqués soit dans la baie de Limon (Colon-Aspinwall), soit dans celle de Panama, sur la direction projetée du canal. Ces opérations, jointes au résultat des levés topographiques faits antérieurement, ont permis de modifier légèrement le tracé du Congrès de Paris et de réaliser des économies, en réduisant de 3000 à 2000 mètres le rayon minimum des courbes.

2° *Reconnaissance par des sondages de la nature des terrains qui seront traversés par le canal.* — Six équipages de sonde ont exécuté une quinzaine de sondages dont la profondeur a varié de 15 à 22 mètres.

3° *Étude spéciale de la tenue des roches dans les grandes tranchées à exécuter.* — La commission, se fondant sur les études de l'un de ses membres, M. l'ingénieur des mines Boutan, a proposé, pour les talus, l'inclinaison de $\frac{1}{1}$, sauf dans les parties rocheuses où la nature des déblais permettra de recourir à une inclinaison minima de $\frac{1}{4}$.

En conséquence, la Commission a proposé pour la cuvette les dimensions suivantes :

a.) Entre Colon (Atlantique) et le kilomètre 36, comme entre le kilomètre 61 et le Pacifique :

Largeur au plafond.	22^m.
Id. au plan d'eau	50^m.
Profondeur	$8^m,50$.

b.) Entre les kilomètres 36 et 61 (grande tranchée de la Culebra et ses abords).

(1) *Bulletin interocéanique*, 1re année, n° 13, p. 106.
(2) Ibid., n° 14, p. 114-115.

Largeur au plafond	24m.
Id. au plan d'eau	28m.
Profondeur	9m.

4° *Moyens à employer pour vaincre les difficultés du Chagres et celles de la traversée des massifs rocheux au-dessous du niveau des océans.* — Suivant l'avis de la Commission, un barrage de 40 mètres de haut, établi à Gamboa entre Matachin et Cruces, permettra d'emmagasiner une quantité d'eau égale à environ un milliard de mètres cubes. Ce chiffre correspond aux estimations les plus élevées de la crue subie par le Chagres le 25 novembre 1879.

Une rigole conduira les eaux régularisées du Chagres depuis le barrage jusqu'à la mer. Une rigole semblable, mais plus petite, sera établie sur le côté sud du canal pour le drainage des cours d'eau situés sur cette rive.

La traversée des massifs rocheux au-dessous des eaux des océans ne paraît devoir nécessiter que l'emploi de moyens connus.

5° *Études des entrées à établir pour faire aborder les plus grands navires par le Pacifique et par l'Atlantique.* — A Panama, il suffira de construire des portes de marée destinées à assurer un niveau constant aux eaux du canal.

A Colon, il faudra construire une jetée de deux kilomètres de longueur, pour abriter les navires, mouillés dans la baie de Limon, contre les vents du nord.

6° *Nombre de mètres cubes à enlever pour l'exécution du canal, divisé en trois sections et classification des déblais, suivant la nature des terrains et suivant leurs différentes hauteurs au-dessus et au-dessous du niveau des mers.* — Les chiffres adoptés par la Commission sont basés à la fois sur les nivellements opérés par les cinq brigades, sur le résultat des sondages et sur les études géologiques de M. Boutan ainsi que sur les données fournies par les explorations antérieures.

7° *Devis des dépenses.*

DÉSIGNATION DES OBJETS	QUANTITÉS	PRIX DE L'UNITÉ	SOMMES
1° Déblais (garage compris)			
a) Déblai à sec. Terres.	27 504 000 m. c.	fr. 2,50	68 760 000 fr.
Roches moyennement dures	825 000 »	7,00	5 775 000
Roches dures	27 734 000 »	12,00	332 808 000
Enlèvement de roches à l'aide d'épuisements	6 409 000 »	18,00	115 362 000
b) Dragages et travaux sous l'eau. Vases et alluvions	12 200 000 »	2,50	30 500 000

Terrains durs pouvant être dragués	300 000	»	12,00	3 600 000
Enlèvement de roches sous l'eau	377 000	»	35,00	13 195 000
2° Barrage pour le rio Chagres, à Gamboa				100 000 000
3° Rigoles de dérivation du Chagres, de l'Obispo et du rio Trinidad				75 000 000
4° Portes de marée sur le Pacifique				12 000 000
5° Jetée dans la baie de Limon, sur l'Atlantique				10 000 000
6° Imprévus, frais divers, environ 10 p. c.				76 000 000
			Total général	843 000 000 fr.

Ce devis, largement établi, comme on le voit, comporte pour les déblais les prix d'unité fixés, au sein du Congrès de Paris, par les grands entrepreneurs de travaux publics qui y avaient été appelés.

8° *Durée probable des travaux.* — La Commission pense que huit années suffiront, si une bonne organisation préside à l'exécution de ces énormes travaux.

Ce rapport si consciencieux de la Commission technique, soumis à M. de Lesseps, fut examiné par celui-ci à bord du paquebot américain *Colon*, allant de Colon-Aspinwall à New-York Il donna lieu à une note dans laquelle M. de Lesseps justifiait la réduction qu'il a faite au devis ci-dessus ; dans son opinion, le total de la dépense pourrait s'abaisser de 843 000 000 fr. à 658 000 000 fr. (1).

Mais tout le travail du Congrès de Paris, toutes les opérations et tous les calculs de la Commission technique ne parurent pas encore suffisants à M de Lesseps. Il demanda à l'Académie des sciences de Paris, dont il est membre, de vouloir bien soumettre à un sérieux examen les documents qui avaient été réunis si laborieusement sous sa direction.

Une commission fut chargée de ce soin. Elle était composée de MM. Daubrée, Sainte-Claire-Deville, amiral Mouchez, baron Larrey, général Favé, Lalanne, de la Gournerie, rapporteur.

Le résultat de l'examen de la commission académique est consigné dans deux rapports, l'un et l'autre très remarquables. Nous ne nous occuperons pas du second, relatif au mémoire de M. le Dr Companyo intitulé :

(1) *Bulletin interocéanique*, 1re année. n° 14, p. 116.

Projet d'organisation du service de santé du canal interocéanique de Panama. Il est dû à M. le baron Larrey.

Le premier, écrit par M. de la Gournerie, s'occupe exclusivement des questions techniques.

Dans une première partie, le savant rapporteur fait l'historique du projet de canal à travers l'isthme américain.

Dans une seconde partie, il examine, point par point, le projet soumis aux délibérations de l'Académie. A côté de l'énumération des différentes mesures préconisées par les auteurs du projet, le savant académicien énonce l'avis de la commission qui, le plus souvent, ne fait que confirmer avec preuves à l'appui les heureuses dispositions adoptées par M. de Lesseps et résumées brièvement ci-dessus. Quelquefois l'Académie pose une réserve ou donne un conseil.

Le rapporteur s'étend, d'une façon particulière, sur le barrage de Gamboa et les rigoles latérales du canal, dont l'une est destinée, comme on l'a vu, aux eaux du Chagres.

Une modification a été introduite dans le projet de la commission technique, lequel comporte un barrage en maçonnerie, semblable à celui de la Gileppe et figurant dans l'évaluation ci-dessus, pour la somme de 100 millions de francs.

Les études ayant été continuées d'une façon de plus en plus approfondie, on s'est arrêté à la combinaison proposée par les ingénieurs de la maison Couvreux et Hersent.

Cette combinaison a l'avantage d'être extrêmement pratique, comme on va le voir.

Il est à remarquer qu'en raison même de l'existence de la rigole du Chagres en aval du barrage, il n'est pas nécessaire d'exiger de cet ouvrage une étanchéité absolue. On doit considérer, d'autre part, qu'il est important de transporter, le plus près possible, les déblais à provenir de la grande tranchée de la Culebra. De là, l'idée de former le barrage à l'aide des déblais simplement déversés des waggons.

Cette construction, tout à la fois digue de réservoir et cavalier de retroussement des déblais, aura les dimensions suivantes :

Hauteur apparente	45^m
Largeur au sommet.	240^m
Largeur au fond de la vallée	960^m
Longueur à la partie supérieure . . .	1500^m à 1600^m
Hauteur maxima de l'eau dans le bassin en arrière du barrage	38^m

« Dans l'éxécution des travaux, dit le rapporteur de l'Académie, on commencera par établir des émissaires en maçonnerie ayant leur radier

à une dizaine de mètres au-dessous du fond de la vallée et pouvant, après l'achèvement des ouvrages, débiter sous pression 200 m. c. par seconde, lorsque leurs vannes seront levées. »

Il sera d'ailleurs suppléé à l'insuffisance des émissaires, en temps de hautes crues, par une tranchée creusée en forme de large déversoir.

« On élèvera la digue, continue le rapporteur, sur les deux rives du Chagres ; puis, quand une hauteur suffisante aura été atteinte, et que les émissaires ainsi que le déversoir seront terminés, on profitera de l'époque des plus basses eaux pour barrer la rivière de vive force, en y portant des pierres par des trains qui se succéderont jour et nuit sans interruption. »

Afin d'assurer la résistance d'un barrage ainsi constitué, la commission académique a conseillé d'établir, avec les précautions convenables, un massif d'argile dans l'intérieur de la digue, sur toute sa longueur.

« En tenant compte de cette modification, nous pensons, ajoute M. de la Gournerie, que l'ensemble des ouvrages projetés ne présente rien qui soit contraire aux principes de l'art des constructions,et qu'on peut trouver dans les méthodes indiquées une solution économique d'un problème difficile. Cependant, les travaux étant d'un genre nouveau sous plusieurs rapports, il serait prématuré d'en arrêter les détails d'une façon définitive (1). »

Enfin, le rapport académique constate que, suivant une estimation de MM. Couvreux fils et Gaston Blanchet, la force nécessaire pour l'ensemble des travaux et pour les transports sur le Chagres s'élèvera à 15 000 chevaux.

Cette puissance s'obtiendra par la vapeur et par les chutes de plusieurs cours d'eau.

Le nombre des ouvriers est évalué à neuf mille.

Les conclusions du rapport, adoptées par l'Académie, se résument dans le dernier paragraphe ainsi conçu :

« Nous terminons en appliquant au canal de Panama les paroles de la commission académique de 1857 sur celui de Suez : La conception et les moyens d'exécution de cet ouvrage sont les dignes apprêts d'une entreprise utile à l'ensemble du genre humain ; et, sous le mérite des diverses observations contenues dans ce rapport, nous vous proposons de déclarer que les mémoires présentés par M. Ferdinand de Lesseps sont dignes de votre approbation. »

Des conclusions, d'une aussi haute valeur, achèveront de convaincre, s'il en est besoin, les lecteurs de la *Revue des questions scientifiques*. M. de Lesseps a non seulement conçu une œuvre grandiose, mais il s'est entouré de tous les moyens à la portée de sa grande intelligence,

(1) *Bulletin interocéanique*, 1re année, nº 24, pp. 225-232.

de sa forte volonté et de sa vaste influence, pour réaliser, avant peu d'années, un projet qui fera le plus grand honneur à la science et à l'art du génie civil.

CH. LAGASSE.

GÉOGRAPHIE.

Europe.— La *Société italienne de géographie* vient de lancer une circulaire annonçant que le troisième *Congrès international des sciences géographiques* se réunira à Venise dans le courant du mois de septembre 1881. De même que ses deux aînés, le Congrès de Venise sera accompagné d'une exposition d'objets ayant trait à l'étude de la géographie, et des récompenses seront décernées aux plus méritants des exposants.

Comme on le sait, le premier congrès international de géographie se réunit à Anvers au mois d'août 1871. Il était accompagné d'un essai d'exposition, qui — tout incomplet qu'il fût par suite des circonstances — fit sensation et montra ce qu'on pourrait faire en des temps meilleurs. Le compte rendu publié en 1873 fut reçu avec faveur par le monde savant, qui félicita les organisateurs de leur initiative et les loua du résultat obtenu.

En 1875, quatre ans après le premier congrès, la Société de géographie de Paris convoqua le second congrès qui s'assembla, au mois d'août, au palais des Tuileries. L'enfant d'Anvers était devenu homme et près de 1300 noms figuraient sur la liste des membres. L'exposition surtout était magnifique et digne de Paris. Le compte rendu s'est fait un peu attendre : le premier volume a paru en 1878 et le second n'est pas encore publié ; espérons qu'il le sera bientôt, pour qu'on puisse l'utiliser au prochain congrès.

— En 1866, le savant directeur des *Mittheilungen* de Gotha, Aug. Petermann, avait émis l'idée de constituer une Société générale de géographie en Allemagne, mais il n'y avait point insisté ; lors du jubilé de la Société de Berlin, le Dr Bastian reprit cette idée dans une chaleureuse improvisation et le 12 octobre de l'année dernière, à l'occasion de la fête de Ritter, un comité fut institué pour rédiger un projet de règlement. Il s'est réuni à Berlin, le 6 août de cette année, pour entendre ce projet élaboré par le Dr Nachtigall.

La grande majorité trouva ce travail beaucoup trop centralisateur, mais tous différaient sur la manière pratique d'appliquer leurs idées. Après une longue discussion où chacun avait défendu ses opinions avec chaleur, l'assemblée tomba enfin d'accord, à la suite d'un discours où le professeur Zöppritz montra qu'il ne fallait pas tenter l'impossible et qu'un lien quelconque, quelque relâché qu'il fût, contribuerait à établir l'union tant désirée et donnerait probablement le moyen d'y parvenir. Les membres berlinois, bien qu'ils eussent vu rejeter leur proposition, se soumirent à la majorité, et se déclarèrent prêts à organiser à Berlin la première réunion des géographes allemands, huit jours après la Pentecôte 1881 (1).

— Le roi de Portugal avait, par décret du 17 février 1876, créé près le ministère de la marine et des colonies une Commission permanente de géographie ; un nouveau décret du 12 août dernier vient de la réunir avec sa bibliothèque et ses archives à la Société géographique de Lisbonne, qui devient ainsi une institution officielle. Nous apprenons cette nouvelle par une circulaire de M. Lucien Cordeiro, secrétaire général, qui ajoute que la Société travaille à organiser des sections dans diverses localités, et qu'elle en a établi une à Rio-Janeiro au Brésil.

— Voici les détails que donne le *Nouveau Temps* de Saint-Pétersbourg sur l'achèvement du pont monumental construit sur le Volga, à 18 kilomètres de Syzrane, sur le chemin de fer d'Orembourg. C'est le pont le plus long du monde ; il a 1485 mètres de longueur, soit un peu moins d'un kilomètre et demi. Il est d'environ 5 mètres plus long que le fameux pont du Moerdyk. Viennent après ces deux ponts monstres ceux du Dniéper à Kiev (1071^{m} — 1870) et à Krementchoug (975^{m} — 1872) ; le pont de Bommel, en Hollande (917^{m} — 1869) ; ceux du Mississipi, dans l'Illinois (776^{m} — 1868) et à Saint-Louis dans le Missouri (772^{m} — 1872) ; celui de Kuilemburg, sur le Lek (704^{m} — 1868) ; le pont de Menai, en Angleterre (556^{m} — 1848) ; celui de la Vistule, à Varsovie (497^{m} — 1876) ; le pont Alexandre, à Saint-Pétersbourg (232^{m} — 1879).

La hauteur de ce dernier est de près de 40 mètres. Quoiqu'il existe des ponts plus élevés (le pont de Menai a 51 mètres de hauteur, et celui de Saint-Louis 47), la hauteur du pont du Volga est cependant telle, que de grands bateaux à vapeur, genre américain, à trois étages, passent librement au-dessous de ses arcades. Ces arcades sont au nombre de treize, et pèsent chacune 82 000 pouds, soit 1 1/3 million de kilogrammes. Ce pont a coûté 4 630 000 roubles, plus de 18 500 000 francs. Les travaux, commencés le 18 août 1877, ont duré trois ans. Il y est entré 400 000 pouds de fer, c'est-à-dire plus de 65 millions de kilogrammes.

(1) *Mittheilungen*, 1880, IX.

— On sait que les ouvriers qui travaillaient au percement du Saint-Gothard ont beaucoup souffert de la chaleur qui régnait dans le tunnel et qui, au milieu, sous une masse de terre de 1700 mètres d'épaisseur, s'est élevée jusqu'à 30°,4 C. M. Stopf a calculé la température qui pourrait régner à l'intérieur du tunnel projeté du Simplon, que l'on se propose de creuser dans une épaisseur de plus de 2200 mètres, et il est arrivé à la conclusion qu'elle sera de 47° C. Or, aucun homme ne pourrait supporter la continuité d'une pareille chaleur, et y travailler surtout dans une atmosphère humide, telle qu'elle le devient par les engins hydrauliques employés au percement. Avant de commencer les travaux il faudra donc chercher si la science donne des moyens pour combattre avec succès cet inconvénient (1).

Asie. — Un télégramme de Washington en date du 13 août, nous apprend que l'ambassadeur chinois vient de donner au secrétaire Evarts avis de la décision du gouvernement de Pékin, qui étend les relations commerciales du Céleste-Empire, en révoquant l'ancien édit interdisant aux Chinois de faire aucun trafic au dehors, et qui accorde pour l'avenir la plus grande latitude au commerce maritime avec les autres nations.

Comme preuve de la résolution d'exécuter le nouvel édit impérial, le ministre de Chine a informé le secrétaire Evarts qu'un steamer, appartenant à des négociants et conduit par des officiers et un équipage exclusivement chinois, était en route pour San-Francisco, avec un fort chargement de marchandises, inaugurant ainsi une nouvelle ère de rapports entre la Chine et les États-Unis. Voici, sur ce steamer chinois, le *Ho-chung*, le premier qui à notre connaissance ait jamais traversé le Pacifique, quelques détails tirés de l'*Exploration*.

Le *Ho-chung* est un navire à hélice qui jauge environ 800 tonnes et possède une machine de 150 chevaux. Il est commandé par sept officiers, dont quatre, y compris le capitaine Petersen, sont danois ; les autres sont anglais. L'équipage se compose d'une vingtaine de matelots chinois et d'un petit nombre de passagers parmi lesquels plusieurs Européens. La cargaison consiste en riz et en quelques fruits des Sandwich. Ce navire, parti de Canton le 21 juillet, a touché à Honolulu le 13 août, et en est parti le 19, en route pour San-Francisco où il vient d'arriver. Après avoir reçu la visite de l'officier de quarantaine, et avoir été reconnu en parfaite condition sanitaire, il a pu mouiller au wharf de la rue de l'Union. Il a depuis reçu une foule de visiteurs, entre autres le vice-consul chinois. Le bâtiment est parfaitement organisé et est d'une propreté remarquable (2).

(1) *Mittheilungen*, 1880, IX.
(2) *Exploration*.

On ne se cache pas en Amérique pour dire que ces idées progressives en Chine, ont une signification beaucoup plus grave qu'on ne le croirait au premier abord. Aujourd'hui environ les neuf dixièmes du commerce de la Chine se font par des maisons européennes ou américaines. Mais d'après le nouveau système qui vient d'être inauguré, l'immense trafic de la Chine avec l'étranger s'opérera dorénavant d'une manière directe par des maisons chinoises, au lieu de passer comme autrefois par les mains des négociants d'Europe ou d'Amérique, établis dans les différents ports de la Chine.

Au point de vue diplomatique, ce changement n'a pas moins d'importance et pourrait amener dans l'avenir de graves complications; avec l'astuce remarquable qui caractérise les Chinois, on peut s'attendre à les voir graduellement accaparer à leur profit tout le commerce maritime entre l'Amérique et l'Asie, toute concurrence devenant impossible par l'abaissement du fret.

Les négociants et armateurs chinois, pouvant désormais trafiquer directement avec les importateurs américains, inonderont les marchés des produits de leur vaste empire, et en récolteront seuls les bénéfices qu'ils avaient autrefois à partager avec les maisons de commerce à Hong-kong et Shang-hai. C'est, en un mot, une révolution qui se prépare dans le monde commercial. Il est clair que les Chinois voudront prendre leur part du transport des 150 000 000 de livres de thé que leur pays exporte, et des cotonnades et de l'opium que l'Angleterre et l'Inde lui fournissent. Ils pourront faire aux étrangers une active concurrence, ayant à leur disposition des mines d'excellent charbon, inépuisables et d'une exploitation facile.

— Tout en constatant que Nordenskjöld a remporté un magnifique triomphe lorsqu'il s'est frayé un passage depuis la mer Blanche jusqu'au Pacifique, M. B. de Struve se demande si la voie ouverte par ce « nouveau héros du Nord » pourra jamais devenir une voie commerciale sûre, appropriée au but, et s'il n'y a pas à craindre que les négociants de Iakoutsk trouvent plus avantageux de faire transporter des marchandises russes dans l'intérieur de la Sibérie par le port d'Ayan (mer d'Okhotsk), que d'attendre l'arrivée des marchandises étrangères par la voie de la mer Glaciale et de la Léna. Que serait-ce si l'on pouvait aller de la mer Blanche au Pacifique directement, par un chemin intérieur, non sans détours peut-être, mais avec plus de sécurité et en moins de temps?

M. de Struve croit que ce n'est pas là une chimère. Guidé par les informations inédites de M. I. Kouchelevsky, qui a fait trois voyages dans les régions inexplorées du nord de la Sibérie en 1862, 1863, 1864, il montre qu'on pourrait sans trop de difficultés relier par des canaux les grands fleuves sibériens Petchora, Obi, Iénisséi : ce qui donnerait

une communication par eau de la mer Blanche jusqu'à Iakoutsk, près du lac Baïkal. Le Iénisséi lui-même peut être commodément relié par une grande route ou un chemin de fer avec la Léna, qui conduit à une vingtaine de kilomètres de l'océan Pacifique au moyen de ses affluents (1).

— Les relevés de la douane maritime chinoise pour 1879 accusent un progrès notable du commerce dans les ports ouverts aux étrangers, comparativement aux résultats de 1878. L'année 1879 a vu le plus grand mouvement qu'ait eu le commerce depuis douze ans. La valeur de ce commerce a été en taels de Haïkouan, — ce tael vaut environ 7 fr. 50 :

	Importation.	Exportation.	Total.
En 1866	67 141 481 t.	50 596 223 t.	117 770 704
En 1878	70 804 027	67 172 179	137 976 206
En 1879	82 227 424	72 281 262	154 508 696

Cette dernière année a également vu augmenter d'une manière notable le nombre des étrangers fixés en Chine, ainsi que celui des maisons de commerce étrangères qui s'y sont établies.

	1878		1879	
	Maisons.	Personnes.	Maisons.	Personnes.
Anglais	220	1953	299	2070
Américains	35	420	31	469
Allemands	49	384	64	364
Français	9	254	20	228
Russes	17	55	16	79
Japonais	9	81	2	61 (2).

— Tout le monde a entendu parler du fameux temple d'Angeor, dont les ruines grandioses se trouvent à quelque distance de Saïgon, colonie française de l'extrême Orient. Dans toute l'Indo-Chine on rencontre des monuments analogues. Malheureusement nous ne savons rien ou presque rien sur leur destination véritable, sur l'époque de leur érection, non plus que sur les peuples qui les ont construits. Le Dr Harmand, qui a exploré le pays et visité ses ruines, a pris bon nombre d'estampages et de copies des inscriptions qu'il y rencontra. Il avait remarqué qu'elles pouvaient se classer en plusieurs catégories d'écritures distinctes, et il en publia quelques fragments, à titre de spécimens, dans les *Annales de l'extrême Orient* de M. Meyners d'Estrey. Le professeur Kern, de Leide, connu par ses études sur Java, reconnut immédiatement les caractères, et put déchiffrer non seulement des mots, mais des phrases entières.

(1) *Mittheilungen*, 1880, VIII.
(2) *Osterreichische Monatschrift für den Orient*, 15 Aug. 1880.

L'alphabet employé, sinon pour toutes les inscriptions, au moins pour un certain nombre, est le *Kawi*, qui est en même temps l'ancien système de Java, et la langue employée est le sanscrit. Quelques inscriptions sont tracées en caractères *Kalinga*. Il y en a d'autres dont M. Kern peut lire les caractères, mais dont il ignore la langue, et dont par conséquent il n'a pu donner jusqu'ici la signification. Néanmoins tout fait espérer que la solution est non seulement possible, mais probable et prochaine. M. Harmand s'est empressé de communiquer au professeur Kern tous les documents qu'il avait en sa possession (1).

Afrique. — Nous avons annoncé dans le temps le projet du célèbre voyageur africain Gérard Rohlfs, de pénétrer à travers la Libye et le Wadaï, dans l'Afrique équatoriale. Après être parvenu à l'oasis de Koufara qu'aucun Européen n'avait visitée avant lui, il y a été arrêté et pillé par des indigènes fanatiques, et forcé de revenir sur ses pas. Il est de retour en Europe, et semble avoir renoncé aux explorations africaines. Son compagnon, le Dr Stecker, s'était mis à la tête d'une nouvelle expédition, et avait déjà quitté Tripoli pour l'intérieur au mois de mars dernier. Il a été rappelé et chargé d'une mission en Abyssinie.

— L'évêque anglican noir, Crowther, qui est venu si généreusement au secours de notre compatriote M. Burdo, a remonté le Bénoué jusqu'à Ribago, 230 kilomètres au-dessus de Djen, dernier point atteint par le Dr Baikie en 1854. D'après les renseignements obtenus par l'évêque, les sources du Bénoué se trouveraient au sud-est, au pays de Boudodoubi, dans les montagnes Gamdere, à 10 journées par terre (17 par eau) de l'endroit où s'est arrêtée l'expédition (2).

— Le Dr John Robb, de la Société météorologique de Londres, donne les renseignements suivants sur le climat de Zanzibar. La moyenne annuelle des jours de pluie y est de 130, et la quantité d'eau tombée 1m,60, environ le double de l'Angleterre. La pluie est le plus abondante en mars, avril et mai, et le moins depuis la mi-octobre jusqu'à la fin de l'année. Le mois le plus sec est septembre, quoique aucun mois ne soit absolument sans pluie. La température moyenne de cinq années a été de 80°,6 F. (27° C.) et l'écart moyen entre le maximum et le minimum absolu du thermomètre est de 17°,3 F. (9°,6 C.) par an. Les mois les plus chauds sont février et mars, avec une température moyenne de 83°,1 et 83°,4 F. (28°,4 et 28°,56 C.) ; les mois les plus froids sont juillet et août, avec une température moyenne de 77°,5 et 77°,7 F. (25°,28 et 25°,4 C.), ce qui donne un écart moyen d'un peu moins de 6° F. (3°1/3 C.) et c'est à cette variation si minime de la température que l'on doit attribuer la nature énervante du climat de Zanzibar. La chaleur y est constante et humide.

(1) *Bulletin de la Société de géographie de Paris*, mai, 1880.
(2) *Mittheilungen*, 1880, IV.

et le moindre exercice corporel est ordinairement accompagné d'abondantes transpirations.

— Les sauterelles sont à Madagascar un fléau et en même temps une bénédiction : un fléau par les ravages considérables qu'elles occasionnent dans les rizières et les champs encore verts ; et une bénédiction parce que les naturels en retirent leur nourriture.

Voici un moyen que le Malgache emploie pour garantir ses cultures quand il voit approcher un nuage de sauterelles. Il examine la direction que suit le tourbillon; il se porte à l'endroit où il prévoit que les sauterelles passeront, et met le feu aux grandes herbes qui poussent en liberté dans tous les champs incultes de Madagascar. Asphyxiés par la fumée, ces insectes tombent non pas précisément comme des mouches, mais bien plutôt comme la grêle, au milieu des herbes en flammes. Beaucoup sont calcinés, mais un bon nombre ont simplement les ailes et les pattes brûlées et le corps légèrement grillé, juste à point pour en faire un mets délicieux. C'est également une grande fête pour les corbeaux et les papanguers, oiseaux de proie fort répandus dans l'île.

On a souvent demandé si les sauterelles peuvent servir de nourriture à l'homme. L'usage des Malgaches résout cette question, car ils consomment prodigieusement de ces insectes voyageurs. Quand le nuage est passé, on voit dans toutes les directions les femmes et les enfants regagner le logis, pliant sous leur butin.

Arrivé à la case, on les plonge dans une marmite pleine d'eau et, au moyen de paille ou d'herbes sèches, presque le seul combustible usité dans bien des endroits de Madagascar, on les fait bouillir ; puis on les étend sur des nattes et après les avoir fait sécher au grand soleil, on les emmagasine. Elles peuvent se conserver dans cet état un temps considérable, et forment un approvisionnement où l'on va puiser à mesure des besoins. Elles sont aussi un objet de commerce et on les trouve dans tous les bazars.

Quant à la manière de préparer les sauterelles, elle varie peu. On les mange frites à la graisse, bouillies ou cuites avec du riz ou de la viande, ou simplement pilées et assaisonnées de piment et de sel. On les grille même toutes vivantes, et c'est ainsi que les Malgaches paraissent les préférer ; quelques-uns les mangent crues après leur avoir coupé la tête et les ailes.

C'est le mets favori du pays. La reine a non seulement ses chasseurs qui lui procurent du gibier et ses pêcheurs qui lui apportent du poisson, mais elle a aussi une bande de femmes qu'elle envoie battre les campagnes pour lui ramasser des sauterelles. Le missionnaire, à qui nous empruntons ces détails, ajoute que l'on peut en manger sans se rendre coupable de sensualité, il trouve qu'elles irritent passablement la gorge; mais le proverbe nous apprend qu'il ne faut pas disputer des goûts ni des couleurs.

— Le P. Charmetant écrit au directeur de la revue l'*Exploration*, que la mission de l'Ougonda, pays du roi M'tesa, commence à porter des fruits. Le 27 mars dernier, samedi saint, le P. Livinhac a pu administrer le baptême à quelques néophytes. Ce sont, comme toujours, des humbles et des petits ; le roi et les grands, retenus par la polygamie, résisteront probablement encore longtemps. Cependant le roi est plein de bonté pour les missionnaires, qu'il considère comme ses hôtes, et à qui il envoie presque journellement des cadeaux ; par là même il tient à ce qu'ils ne sortent pas de sa capitale. Néanmoins dès qu'il eut appris l'arrivée à Kadouma, au sud du lac Victoria, de la seconde caravane des missionnaires, il s'empressa, sur la demande du P. Livinhac, de leur envoyer ses propres pirogues, avec le P. Lourdel, pour les chercher et les conduire dans l'Ougaya, pays situé au N.-E. du lac, où ils se sont établis pour fonder une nouvelle mission. C'est le P. Lourdel lui-même qui les y a conduits directement et installés avant de revenir à Ouganda. M'tesa, considérant les habitants de l'Ougaya comme ses tributaires, leur a recommandé les Pères français comme ses amis, et tout fait espérer le succès de cette nouvelle mission.

— A la dernière séance de la Société géographique de Paris assistaient MM. Brito, Capello et R. Ivens, les deux explorateurs portugais de l'Afrique centrale. M. Ivens a donné à l'assemblée un résumé complet de leurs travaux. Leur absence a été de près de deux ans et demi, et leur présence sur le continent africain a duré 660 jours, pendant lesquels ils ont parcouru 4214 kilomètres dans des pays qui n'ont pas encore été visités par des Européens. Partout ils se sont livrés à des observations géologiques, magnétiques, météorologiques et d'histoire naturelle. Le sol africain offre trois caractères distincts à mesure qu'on s'avance dans l'intérieur. Le littoral présente un terrain calcaire relativement peu élevé, insalubre et presque stérile ; mais l'aspect du pays change dès qu'on atteint les montagnes à base de grès où la végétation devient plus forte et plus variée ; enfin en s'approchant du centre du continent on se trouve sur un plateau de type granitique et dans une contrée fertile, habitée par des peuplades moins sauvages et moins difformes que celles qui sont disséminées sur les côtes. C'est là qu'on rencontre les tribus du Biché ; les hommes, bien faits de corps et d'une physionomie à peu près régulière, peuvent passer pour la race la plus parfaite de cette partie du monde. La place nous manque pour citer seulement les noms des peuples qu'ils ont visités sur leur chemin ; plusieurs ont encore des coutumes barbares et féroces et sont loin d'accueillir les Européens avec bienveillance. C'est surtout pour la géographie que cette exploration est importante. Ils ont déterminé les sources de plusieurs grands fleuves, et suivi le Coango, depuis sa source, par cinq degrés de latitude. Au lieu où les anciennes relations plaçaient le grand

lac Achilunda — replacé sur la carte par les auteurs modernes — ils ont trouvé une contrée marécageuse parsemée de plusieurs lacs grands et petits, mais rien de semblable aux grandes mers intérieures que Livingstone a trouvées plus à l'orient. Parmi les pays inconnus sur lesquels ils ont rapporté des relations, nous nous contenterons de citer celui des Jacas qui habitent sur la rive droite du Coango, et obéissent à un gouvernement organisé sous la souveraineté d'une véritable dynastie qui règne depuis des siècles : le roi actuel Méquivo compte, dit-on, une centaine de prédécesseurs sans interruption.

— Nous avons dit dans le temps que l'expédition organisée par le comité de l'*Africa exploration fund* avait perdu son chef M. Keith Johnston, mais que néanmoins rien n'avait été changé à son programme et que M. Thompson prenait le commandement. Ce voyageur a écrit de Zanzibar le 19 juillet dernier qu'il espérait être de retour à Londres dans la première quinzaine de novembre. Son voyage a parfaitement réussi. Après avoir touché au point septentrionnal du Nyassa, il arriva au Tanganyika par un pays entièrement inconnu ; c'est un plateau de 1500 à 2500 mètres d'élévation. Il longea ensuite le sud-ouest du Tanganyika et visita le Loukouga par où le lac s'écoule vers le Loualaba (Congo). Il descendit ce cours d'eau pendant six jours, mais il dut revenir à cause de la mauvaise volonté de ses hommes et surtout à cause de l'hostilité des Waroua qu'il décrit « comme les plus grands coquins et les plus affreux drôles qui existent au monde. » Il visita également Oudjidji et la station de Karema où il trouva réunis MM. Cambier, Popelin et Carter. De là il se rendit à Zanzibar par Tipa — où il explora le premier le lac Rikwa — l'Ounyaniembé et l'Ougogo. Ajoutons qu'il trouve l'emplacement de Karema mal choisi ; c'est un terrain tout marécageux, les bateaux n'ont pas de havre pour s'abriter, l'eau qu'on y boit est détestable, et enfin le lieu est en dehors de toutes les routes commerciales (1).

— Le dernier *Bulletin de la Société de géographie de Paris*, qui vient de paraître, contient des renseignements intéressants sur Stanley ; nous les reproduisons ci-dessous.

L'abbé Durand donne l'analyse d'une lettre du P. Carrie, supérieur de la mission du Loango.

D'après cette lettre, M. Protche, naturaliste français, serait allé trouver Stanley, pour se faire admettre dans son expédition et, n'ayant pu obtenir ce qu'il désirait, il est revenu à M'boma. C'est d'après son récit que le P. Carrie envoie les renseignements suivants :

Stanley se trouve à Vivi, vers le haut des cataractes de Yellala. Pour atteindre ce village, M. Protche remonta le fleuve jusqu'à Noki en pirogue;

(1) *Économiste français*, d'après le compte rendu de la 50e session de l'Ass. brit.

mais à ce village ses compagnons le laissèrent seul. Il fallut prendre une autre embarcation. De Noki à Vivi il n'y a que 2 1/2 heures de voyage, mais le cours du Zaïre est si rapide que les noirs ont dû descendre à terre plusieurs fois pour haler la pirogue.

A la dernière circonvolution du fleuve, une belle route gravit la colline qui le borde et conduit à une petite plate-forme agrandie par des terrassements et adossée à des montagnes escarpées. Là est Vivi, le village fondé par Stanley; à droite s'allongent deux rangées parallèles de maisons construites à l'européenne et peintes en blanc. En face, à l'extrémité de cette rue, s'élève la maison de Stanley, construite en bois d'Europe, surmontée d'un belvédère vitré et d'un joli clocheton, et entourée d'un jardin fait avec des terres rapportées. En arrivant sur le plateau vous vous croiriez dans un village européen.

Deux hameaux indigènes flanquent le village européen: l'un à droite sur le versant qui conduit au fleuve est Cabnida, habité par les noirs au service de l'expédition ; l'autre à gauche, c'est Zanzibar où vivent les noirs de cette île engagés par Stanley. Toutes ces habitations peintes en bleu et en blanc, produisent un effet très pittoresque.

Stanley a fait ouvrir une route qui s'avance jusqu'à trois lieues dans l'Est. L'ensemble des travaux exécutés à Vivi est considérable, on sent qu'une volonté ferme et énergique dirige les travailleurs et leur imprime une activité surprenante. Les maisons et le régime des travailleurs sont très confortables. M. Protche consentirait à n'avoir jamais d'autre ordinaire que celui qui lui a été offert par Stanley. Celui-ci n'exige que neuf heures de travail par jour ; chacun est libre ensuite de faire ce qui lui convient.

On croit généralement que Stanley est envoyé au Congo par l'Association internationale, on se trompe; il est l'agent d'une société particulière sous le haut patronage du roi Léopold II. Aussi renvoie-t-il tous ceux qui se présentent pour l'accompagner; il leur refuse même de remonter la rivière avant l'achèvement des routes, la moindre imprudence de leur part pouvant faire manquer l'entreprise.

Amérique. — Le véritable Eldorado retrouvé ! Tous les journaux américains rapportent qu'on vient de découvrir à 30 milles de Santa-Fé dans le Nouveau-Mexique un village entièrement bâti en or. On aurait constaté que ce village, appelé les Placitas, s'élève sur un gîte aurifère d'une grande richesse, et que ses maisons ont été construites avec des moellons d'or. Le gouverneur de Santa-Fé et des ingénieurs se sont aussitôt rendus sur les lieux, et des roches ont été abattues en leur présence dans les rues du village. Les essais ont donné jusqu'à présent 23 000 fr. d'or par tonne.

Le village entier s'élève sur le filon aurifère, et il est tout entouré de débris de roche d'une valeur de 3 dollars la livre.

— Il y a peu de juifs en Amérique et, sauf peut-être quelques esclaves nègres, on n'y comptait point encore de mahométans. Cela va changer, maintenant que le gouvernement français cherche à établir des colonies arabes dans la Guyane. Ce pays est le lieu de déportation des condamnés algériens, et la plupart de ceux-ci ne peuvent plus retourner dans leur patrie après l'expiration de leur peine, mais doivent continuer à habiter l'Amérique, où le gouvernement leur fournit des terres et des habitations. Pour les y établir, le gouvernement leur envoie, soit des détenues musulmanes qui consentent à s'expatrier, soit des femmes libres, à la condition d'y contracter mariage avec leurs compatriotes.

Océanie. — Les îles Samoa, dont on a beaucoup parlé dans ces derniers temps, n'ont pas tout à fait l'étendue de la province de Liège et leur population ne dépasse guère 35 000 habitants, dont 300 blancs à peine.

— Ce qui fait avant tout la richesse de l'Australie ce ne sont pas ses fameuses mines d'or, c'est sa merveilleuse adaptation à l'élevage du mouton et du bétail. En 1796 il y avait dans la colonie 57 chevaux, 227 bêtes à cornes et 1530 moutons. En 1878-79, c'est-à-dire 93 ans après, on y comptait près d'un million de chevaux, 7 500 000 têtes de bétail et 62 000 000 de moutons.

Mers polaires. — Depuis 1875 on a fait différents essais pour établir par eau, une communication régulière entre les ports de l'Europe et les grands fleuves de la Sibérie. Ces essais ont été plus ou moins fructueux. Ceux que l'on a tentés dans le courant de l'année 1879 ont eu les résultats les moins favorables. Il y a eu en tout, croyons-nous, sept navires qui ont cherché à atteindre la Sibérie en doublant le cap Nord, et il n'y en a qu'un seul qui ait réussi, c'est le steamer *Luise*, cap. Burmeister. Il quitta Brême le 8 juillet avec deux navires à la remorque, il arriva dans le Iénisséi le 13 septembre et rentra à Bremerhaven le 30 octobre avec chargement de retour. La cargaison se composait d'huile de pétrole, sucre, beurre et tabac. Il rapporta en outre du froment venant de l'intérieur de la Sibérie et transporté à l'embouchure du Iénisséi par des bateaux construits *ad hoc*. Aucune des autres expéditions n'a réussi. M. Sibiriakof, un des promoteurs du voyage de la *Vega*, avait affrété deux navires suédois, *Samuel Owen* et *Express*, qui essayèrent en vain de traverser les glaces accumulées dans la mer de Kara, et durent revenir sans y avoir réussi.

Les bâtiments en destination de l'Obi furent encore plus malheureux : trois steamers, deux anglais et un danois, affrétés par la maison Funk,

périrent dans la baie de Baidarak ; il en fut de même du steamer anglais *Brighton*.

Les navires partis de la Sibérie pour l'Europe ne furent pas plus heureux. Trois voiliers de Tyoumen, sur le Toura, dans la Sibérie occidentale, étaient partis, chargés de grains, talc et spiritueux : deux furent pris par les glaces dans la même baie et perdirent avec leurs agrès une partie de leur cargaison ; le troisième et un steamer qui avait hiverné dans l'Obi, échouèrent près de l'embouchure de ce fleuve et ne purent continuer leur voyage.

Ces résultats défavorables de l'année 1879 ont produit une pénible impression à Saint-Pétersbourg, où l'on comptait que le voyage de Nordenskjöld allait inaugurer une ère de prospérité pour le commerce de la Sibérie.

Cependant ceux qui se flattent d'ouvrir bientôt définitivement cette nouvelle voie maritime vers l'Asie, prétendent que l'année 1879 n'a point été exceptionnellement mauvaise ; ils font remarquer en outre qu'une grande partie des désastres de l'année doit être attribuée non à l'état des glaces de la mer de Kara, mais à l'ignorance des navigateurs et au manque de cartes, de tonnes et de balises, et l'on ne peut nier que ce n'ait été le cas pour trois des bâtiments. On dit encore qu'à l'époque même, où les navires cités essayaient d'entrer dans la mer de Kara, les glaces s'y trouvaient accumulées par hasard, et que très probablement si, au lieu de s'obstiner, ils avaient tourné la Nouvelle-Zemble, ils auraient trouvé une mer libre, et qu'il est à croire que, chaque année, d'après la direction des vents la mer sera assez dégagée de glaces pour que l'on puisse passer par l'une ou l'autre route.

Ce qui est certain, c'est que l'année 1879 a été beaucoup plus mauvaise pour la navigation que les quatre années précédentes. Mais par suite du manque de renseignements antérieurs à 1875, il est impossible de décider si c'est la dernière ou les précédentes, qui doivent faire loi ; une longue expérience basée sur des observations météorologiques faites sur les lieux pourra seule jeter quelque lumière sur cette question.

Un bon relevé des côtes et des cartes marines exactes seront dans tous les cas également nécessaires (1).

— Il paraît que la proposition du comte Wilczek et du lieutenant Weyprecht, d'ériger des stations météorologiques dans les latitudes élevées, est près de recevoir un commencement d'exécution. Dans la conférence polaire internationale tenue à Hambourg, on a pris les résolutions suivantes : Les Hollandais créeront probablement une station au Spitzberg, la Suède ne voulant pas demander au storthing de l'argent pour cet objet. Le Danemark s'est déjà arrangé pour en établir une à

(1) *Deutsches Handels Archiv.*

Upernavik, et la Russie a donné les fonds pour deux stations dans la Sibérie orientale. Le comte Wilczek établira à ses frais sur les côtes de la Nouvelle-Zemble une station dont se chargera M. Weyprecht, et le gouvernement allemand n'est pas éloigné, dit-on, do faire un observatoire au Groënland oriental. Le bureau météorologique des États-Unis s'occupe d'une station à la pointe Barrow, et le Canada semble aussi ne pas vouloir rester en arrière (1).

— Les journaux americains annoncent comme fort probable que le sénat ratifiera l'approbation donnée par la chambre des représentants au projet du capitaine Howgate, d'établir une station météorologique au delà du 81e degré de latitude nord.

On s'occupe déjà d'armer le steamer *Gulnare*, qui jauge 230 tonneaux et a accompagné le *Polaris* en 1871. L'équipage se composera de 15 officiers et matelots ; il emmènera en outre 25 passagers, des savants pour la plupart, destinés à former un corps d'observation, le plus près possible de la baie de Lady-Franklin. On construit une maison en bois destinée à servir d'habitation pendant l'hivernage. Une chaloupe à vapeur sera attachée à l'expédition. — L'amirauté anglaise a mis à sa disposition les dépôts de vivres laissés en ces parages en 1875 et en 1876 par le capitaine G. Nares.

Une nouvelle expédition au pôle nord se prépare par les soins du commandant Cheyne, qui espère obtenir de M. Dickson le *Vega*, dont Nordenskjöld a illustré le nom.

Le *Vega* serait monté par 40 hommes et équipé pour une campagne de trois ans. Des ballons seraient employés pour explorer les espaces que les traîneaux auraient à parcourir. On emporterait même un ballon de réserve pour le cas où ce moyen de transport deviendrait nécessaire, par exemple pour aller prendre à 5 milles (8 kilom.) de la baie de Discovery, par 81° 44′ lat., le charbon qui se trouve à fleur de terre à peu de distance de la côte.

Un comité créé à Londres pour réunir les 30 000 livres sterling nécessaires, a déjà recueilli de nombreuses souscriptions en argent et en nature, et une subvention sera demandée au parlement.

L'expédition Cheyne aurait lieu en 1881 : ce sera la quatrième depuis dix ans, qui aura été dirigée vers le pôle nord. Celle du *Polaris* (américaine) en 1871 a duré 30 mois et a coûté 10 413 livres sterling ; celle de l'*Alert* et du *Discovery*, en 1875, a absorbé pendant le même temps 112 250 livres sterling et celle du *Vega*, en 1878, a duré deux ans et a coûté 20 000 livres sterling.

— Le lieutenant de la marine italienne Bove, qui a accompagné Nordenskjöld dans la circumnavigation de l'Asie, propose le plan d'une

(1) *Proceedings.*

expédition dans les mers antarctiques. Elle partirait en 1881 et durerait trois ans. Les frais sont évalués à cinq ou six cent mille francs, et seraient couverts par une souscription nationale. Le ministère de la marine se montre favorable, au moins en principe, à ce projet, qui est fortement appuyé par M. Cristoforo Negri.

L. D.

PHYSIQUE (1).

—

La lampe-soleil et les usines électriques. — Parmi les applications industrielles de la science, l'éclairage électrique est aujourd'hui peut-être la plus intéressante. M. le professeur F. Dewalque a récemment traité ce sujet devant les membres de la Société scientifique. Nous-même, nous y avons touché à différentes reprises dans la *Revue*, et nous devons y revenir encore.

M. l'ingénieur Clerc, aidé de M. Bureau, vient d'imaginer une lampe nouvelle. Ses qualités rares, la simplicité extrême de sa construction, l'absence de tout mécanisme régulateur et la constance de son action la distinguent entre ses rivales. Mise à l'essai depuis quelques mois à Bruxelles, elle donne les résultats les plus brillants et promet de l'emporter sur toutes les autres.

Nous allons tâcher de la décrire en suivant, presque pas à pas, le chemin par lequel M. Clerc est arrivé à la découvrir.

On sait que toutes les lampes jusqu'ici connues rentrent dans deux catégories distinctes : les unes mettent en œuvre la lumière fournie par l'arc voltaïque ; les autres, l'incandescence d'une région restreinte du conducteur interpolaire.

La lumière de l'arc est trop variable et trop bleuâtre, celle des lampes à incandescence est d'un réglage malaisé et demande une force motrice considérable. La *lampe-soleil,* c'est ainsi que ses inventeurs l'ap-

(1) Une erreur de typographie s'est glissée dans notre dernier compte rendu. En parlant du scintillomètre de M. Montigny nous donnions l'angle sous lequel la lame réfringente de cet appareil effectue sa rotation autour de l'axe optique de la lunette. On a imprimé : « elle est inclinée de 170 environ sur l'axe optique.... etc. » C'est 17° que l'on aurait dû mettre. La différence vaut bien qu'on la signale.

pellent, tient à la fois des deux systèmes. C'est à l'incandescence d'un fragment de marbre qu'elle emprunte sa lumière ; mais elle a ceci de propre qu'elle emploie à déterminer cette incandescence, non la résistance du marbre, mais la chaleur de l'arc voltaïque lui-même. C'est une manière de lampe Drummond dans laquelle la chaleur de combinaison de l'oxygène et de l'hydrogène est remplacée par la chaleur de l'arc voltaïque.

Si l'on considère attentivement, à travers une lame transparente fortement colorée, l'arc voltaïque jaillissant entre les deux pointes de charbon de nos appareils de laboratoire, on remarque que les sommets des deux charbons sont la source d'une vive et éblouissante lumière, tandi qu'entre les pointes la flamme est bleuâtre et peu éclairante Presque tout le pouvoir lumineux d'un appareil semblable réside donc dans ces pointes. Mais, si l'arc qui les unit est pauvre en lumière, il est riche en chaleur, et sa température, minimum dans leur voisinage, atteint entre elles un maximum très intense. Il fallait donc, sans nuire à leur éclat, viser à transformer en lumière la chaleur sombre de l'arc voltaïque lui-même.

Dans les bougies Jablochkoff, les deux charbons sont juxtaposés, et réunis par une pâte de kaolin ou de plâtre ; l'arc en léchant le sommet de ce mélange l'amène rapidement à l'incandescence. N'était-ce point un premier pas fait dans cette voie ? Peut-être. Mais ce n'était point ce qu'avait voulu l'ingénieux physicien qui avait imaginé ces bougies. Définissant lui-même le rôle de cette pâte réfractaire, il le restreignait à ceci : elle est isolante à froid, à chaud elle devient conductrice et permet ainsi la divisibilité du courant électrique. D'ailleurs la bougie Jablochkoff a des inconvénients sérieux qu'il faut à tout prix faire disparaître. Sa lumière passe par les colorations les plus variables ; son intensité, sans cesse oscillante, tombe fréquemment jusqu'à l'extinction complète. On a pu voir cette année la plage et la digue de Blankenberghe éclairées par ces bougies, et il est peu de baigneurs qui ne se soient plaints de ces variations désagréables.

La source de ces défauts est double : les pointes des charbons se refroidissent, première cause ; en second lieu, l'arc creuse la pâte en la léchant, et il se fait bientôt un chemin assez long pour que, dans sa marche, il abandonne les pointes ; l'extinction est alors complète.

Pour éviter le refroidissement des charbons, M. Clerc imagina de les noyer dans un manchon de matière réfractaire. Ce fut un premier progrès. Pour utiliser la chaleur sombre de l'arc voltaïque, il fit butter les charbons, poussés par un bain de mercure, contre un bloc de chaux. L'arc voltaïque, glissant sous ce bloc d'une pointe à l'autre y déterminait une incandescence très vive, et donnait naissance à une lumière intense et dorée.

Tout était bien; mais il fallait durer. Or, au bout d'une heure, l'arc avait creusé dans la chaux une espèce de dôme où il ne tardait pas à s'engouffrer, et la lumière devenait trop faible. Notons que dans cette disposition, les charbons poussés tous deux de bas en haut à travers leur manchon réfractaire n'apparaissent pas, et que le bloc de marbre qui les recouvrait, comme une coiffure, était léché par la partie supérieure de l'arc voltaïque.

M. Clerc découvrit d'abord que la belle coloration dorée de sa lumière provenait de ce que les pointes des charbons étaient cachées. Il arriva bientôt à une seconde conclusion tout aussi importante. L'arc voltaïque présente l'aspect d'une flamme recourbée passant d'une pointe à l'autre ; cette flamme est plus large au milieu qu'aux extrémités ; sa courbure intérieure est d'un rayon considérablement plus grand que sa courbure extérieure. Si l'on écrase celle-ci par un bloc de chaux, elle se déforme, tandis que celle-là demeure à peu près invariable ; mais la première tend toujours à reprendre sa forme normale, et c'est ainsi qu'elle creuse et ronge le bloc qui la déforme. C'est donc par la courbure intérieure, et en la dérangeant le moins possible, qu'il fallait échauffer la chaux et le marbre si l'on voulait éviter cette usure fatale.

Une fois en possession de ces découvertes, M. Clerc n'eut plus qu'à réaliser sa lampe sur le plan qu'elles lui indiquaient. Essayons de la dépeindre sans figure.

En réalité, elle se réduit à trois prismes droits à base carrée : le premier et le troisième sont en pierre réfractaire blanche, celui du milieu est en marbre. Appelons ces prismes A, B, C, et supposons-les rangés devant nous comme le sont ces trois lettres. Le prisme A est foré obliquement de gauche à droite; l'ouverture du trou de forage est au milieu de la face supérieure ; son ouverture inférieure est, vers le bas de la face de droite, un peu au-dessus de la base du prisme.

Le prisme C est foré, symétriquement au premier, de droite à gauche. Les charbons s'engagent à frottement libre dans ces galeries obliques, et si le prisme B était supprimé, les prismes A et C étant en contact, les charbons formeraient entre eux un V modérément ouvert, leurs pointes se toucheraient et, leurs bouts opposés étant en relation avec les pôles d'un générateur quelconque d'électricité, il y aurait là une manière de lampe Werdermann à contact simple. Mais les prismes A et C sont séparés par le prisme B; celui-ci n'a point sa base sur le même plan horizontal que les bases de A et de C ; elle est un peu plus haut à la hauteur des pointes des charbons.

L'arc jaillit donc d'un charbon à l'autre et amène rapidement à l'incandescence la base du bloc de marbre qu'il rase par sa courbure intérieure. Toute la lampe est là. Les trois blocs sont enchaînés dans une garniture de tôle si simple qu'on est tenté de la trouver grossière.

Apprécions maintenant les avantages de la lampe-soleil. — Elle est renversée. Sa lumière est donc lancée, sans le secours d'aucun réflecteur, dans la direction utile, toute ombre est supprimée. La bougie Jablochkoff, renversée par M. Jamin, avait déjà cet avantage. — Les charbons descendent, par leur propre poids et par celui des conducteurs qui les rattachent à la machine, dans leurs gaines réfractaires ; ce qui supprime tout mécanisme régulateur. — Ils sont noyés dans cette gaine, ce qui empêche le refroidissement de leurs pointes et par suite les variations de l'intensité lumineuse. — Leur pointe elle-même est cachée, ce qui écarte les colorations sans cesse changeantes de la lumière et lui conserve une teinte fixe et dorée. — Le bloc incandescent est chauffé par la courbure intérieure de l'arc ; il n'est donc ni creusé, ni rongé par la flamme ; et les extinctions, du fait de la lampe, ne sont plus à craindre.

Ce sont là assurément de grands et incontestables avantages, obtenus par des moyens d'une simplicité extrême.

Les essais entrepris jusqu'aujourd'hui ont démontré la haute valeur de la lampe nouvelle. Ils ont permis de plus l'évaluation assez exacte de la dépense qu'elle exige.

Le bloc de marbre, par heure.	fr. 0,025
Le charbon, «	« 0,025
Total. . . .	fr. 0,05

Une lampe remplace en moyenne 20 becs de gaz de 140 litres ; le prix moyen du mètre cube de gaz est en Belgique d'environ 20 centimes; ce qui élèverait le prix de 20 becs à 60 centimes à peu près. On voit quel avantage économique présenterait la lampe-soleil. Mais il faut tenir compte du prix de la force motrice qu'elle exige. Or, un foyer demande d'ordinaire un cheval vapeur, lequel dans une usine, revient à 2 centimes par heure. Le prix de revient, dans les applications industrielles, serait donc de 7 centimes par lampe et par heure.

Une machine qui servirait au seul usage d'alimenter la lampe demanderait de 15 à 30 centimes par cheval-vapeur et par heure ; par suite chaque lampe exigerait une dépense de 20 à 35 centimes. Il y aurait donc peu d'avantages pour un particulier à l'établir chez lui. Mais l'installation de grandes usines électriques au centre des agglomérations nombreuses réduirait considérablement cette dépense. Déjà la petite usine de la rue de France, à Bruxelles, établie dans les modestes proportions qu'exigeaient les essais de la lampe-soleil, suffirait à fournir les courants électriques destinés aux lampes dans un rayon assez étendu.

Établira-t-on ces usines ? La réponse est toute faite : il en est deux qui fonctionnent à Paris et sur lesquelles la *Nature* a donné d'intéressants détails. La première alimente les magasins du Louvre. Deux chau-

dières inexplosibles Belleville, de 40 chevaux chacune, fournissent la vapeur à deux machines Corliss. Celles-ci actionnent trois machines magnéto-électriques de Gramme de 20 bougies Jablochkoff chacune, et une quatrième machine Gramme de 24 bougies. L'éclairage total des magasins et de l'hôtel du Louvre comporte ainsi 84 globes répartis dans les diverses salles de cet établissement.

La deuxième usine sert à l'éclairage de l'Hippodrome. Trois chaudières à foyer intérieur, de 75 chevaux chacune, fournissent la vapeur à deux machines Compound de 120 chevaux chacune. Deux volants-poulies de $2^{m},60$ de diamètre transmettent leur mouvement aux machines magneto-électriques. Celles-ci sont de deux sortes, car l'éclairage de l'Hippodrome comporte d'une part 120 bougies Jablochkoff et d'autre part 21 régulateurs Serrin. Les bougies fonctionnent par les courants alternatifs des appareils Gramme, mais les régulateurs Serrin exigent un courant continu. M. Gramme a modifié, dans le but de répondre à cette nécessité, le type de ses machines. Les bougies sont alimentées par quatre machines du premier type ; les régulateurs chacun par une machine du second type.

Or, un chiffre donne, avec toute l'évidence désirable, le résultat de ces grandes installations. Quand l'Hippodrome était éclairé au gaz les frais de cet éclairage s'élevaient de 1100 à 1200 francs par soirée, et l'effet général était assez mesquin. Il est grandiose maintenant, et la dépense totale par soirée varie de 250 à 260 francs (1).

Les bougies Jablochkoff sont assez coûteuses ; les régulateurs Serrin le sont grandement ; supposez-les remplacés par la lampe-soleil, la réduction des frais sera bien plus considérable.

Seulement, ne l'oublions pas, si nous voulons éviter des désillusionnements tardifs, les économies si grandes que promet l'éclairage électrique supposent une application d'assez grande importance. En serait-il de même si l'on voulait appliquer cette lampe aux nécessités restreintes de l'éclairage domestique ? Il est permis et prudent d'en douter.

Toutefois, M. Clerc et M. Bureau, que cette question préoccupe, inaugurent pour la résoudre une voie nouvelle. Le courant qui sort des usines que nous venons de décrire pour alimenter les lampes, est le courant induit de premier ordre, issu des machines génératrices. On sait que le courant induit a une tension notablement supérieure à celle du courant inducteur. Les inventeurs se proposent d'établir dans chaque maison particulière un appareil d'induction dont la puissance varierait avec le nombre des lampes qui la doivent éclairer. L'usine y enverrait non plus le *courant induit* mais le *courant inducteur*. L'idée est certes nouvelle et mérite qu'on l'étudie.

Ajoutons qu'un commutateur-rhéostat fixé sur le circuit de chacune

(1) *La Nature*, 8 mai 1880, p. 359.

des lampes, permettra de faire varier sa lumière du simple au quadruple. Ce commutateur n'est point décrit, mais sa manœuvre est, dit-on, aussi aisée que celle d'un robinet à gaz (1).

Le Photophone Graham Bell.—On n'a pas oublié l'étonnement avec lequel on accueillit en Europe l'annonce américaine de la découverte du téléphone. A cet étonnement se mélangeait un peu d'incrédulité, qui tomba bientôt devant l'expérience. Bien des formes ont été données depuis lors au téléphone Bell, bien des modifications y ont été apportées, mais le type premier de l'appareil, celui sous lequel M. Graham Bell l'avait conçu à la fin de ses recherches, est resté vainqueur à peu près sur toute la ligne.

Voici qu'une nouvelle découverte du même M. Bell plus étonnante peut-être que la première, occupe à nouveau le monde. J'en trouve la description simultanée dans deux revues, l'une d'Angleterre (2) l'autre de France (3).

Il ne s'agit de rien moins que de transmettre les sons et la parole, à des distances très considérables, sans le secours d'aucune communication électrique, d'aucun câble, par le jeu d'un rayon de lumière.

De là le nom de photophone donné à l'appareil, où vraiment la *lumière parle* et *émet des sons*.

L'organe essentiel de cet instrument nouveau est un fragment de sélénium, et pour l'intelligence de ce qui va suivre il faut nous arrêter un instant à ce corps simple. Berzélius et Gottlieb Gahn le découvrirent en 1817, tandis qu'ils préparaient de l'acide sulfurique par la pyrite de fer. Ils le prirent tout d'abord pour du tellure (tellus, terre) ; s'étant aperçus de leur erreur et voulant reculer le moins possible ils l'appelèrent sélénium (σελήνη, lune). Les deux corps méritaient d'ailleurs ce rapprochement, tant étaient grandes leurs analogies chimiques ; mais, au point de vue électrique, ils offrent une dissemblance très marquante.

Le tellure est bon conducteur de l'électricité ; la conductibilité du sélénium est très variable ; fondu et brusquement refroidi, il se comporte comme un corps isolant ; fondu et refroidi avec lenteur, il acquiert un faible pouvoir conducteur.

M. Willoughby Smith, dans ses recherches sur les câbles marins, trouva que la résistance de quelques crayons de sélénium atteignait 1400 megohms. « C'est là, dit M. Bréguet dans la *Revue scientifique*, l'équivalent

(1) *La lampe-soleil*, conférence à l'Union syndicale, par M. L. Clerc.

(2) *English Mechanic and World of Science*, sept. 24, 1880. Producing sound by light.

(3) *Revue scientifique*, 25 sept. 1880. Le photophone de Bell, par Antoine Bréguet.

d'une ligne télégraphique de fil de fer de 4 millimètres de diamètre qui unirait la terre au soleil. » Seulement, et c'est ici que l'idée du photophone a pris naissance dans l'esprit de M. Graham Bell, cette conductibilité s'accroît quand un rayon de lumière frappe le crayon de sélénium.

Cette singulière influence fut découverte par M. May, préparateur de M. Willoughby Smith.

MM. Bell et Tainter ont grandement étendu cette découverte. Ce n'est plus le sélénium seulement, mais l'or, l'argent, la platine, le fer, l'étain, le cuivre, le laiton, le zinc, l'antimoine, l'ivoire, la celluloïde, la gutta-percha, le caoutchouc vulcanisé, le papier, le parchemin, le bois, le mica, etc, qui se montrent sensibles à cette action lumineuse ; les seuls corps que l'on ait vu ne manifester aucune trace de cette sensibilité nouvelle sont le charbon et les fines lames de verre dont on recouvre les préparations microscopiques.

Si remarquable que soit cette généralisation due à MM. Bell et Tainter, elle est secondaire au point de vue du photophone. C'est au sélénium qu'il faut nous arrêter.

Un rayon de lumière, avons-nous dit, surexcite la conductibilité du sélénium ; il fallait préciser le phénomène. En soumettant une baguette de sélénium aux diverses radiations du spectre, M Sale crut remarquer que la conductibilité maximum lui était communiquée par les rayons infra-rouges, de la région où le spectre solaire présente ses rayons calorifiques les plus intenses. M. Adams, au contraire, vit le maximum de conductibilité se produire sous l'éclairement de la région jaune, lieu de la plus haute intensité lumineuse. Lord Rosse trancha la question. Il soumit le crayon de sélénium à l'action de chaleurs obscures : effet nul. Il le soumit à l'action d'un faisceau solaire dont les rayons calorifiques avaient été absorbés par une solution d'alun : le galvanomètre montra nettement que la conductibilité du métal était surexcitée. C'était donc bien la lumière, et la lumière seule, qui donnait au sélénium ses propriétés conductrices. Aussitôt on imagina des applications d'un phénomène si étrange. La plus sérieuse fut un photomètre très sensible qui porte le nom de son inventeur, M. Werner Siemens. Rappelons encore un joujou scientifique du même M. Siemens, cet œil artificiel qui, sous l'action de la lumière, baissait modestement ses paupières de baudruche ou de soie. — Passons les autres, qui n'avaient rien de sérieux ou de précis, et arrivons au photophone.

Pour bien en comprendre le jeu, rappelons-nous le microphone de Hughes, et toute la série protéiforme de ses descendants.

Dans tous un courant électrique actionne un téléphone. Le circuit qu'il traverse est formé, en un de ses points, par un conducteur de résistance variable. Les vibrations sonores ébranlent par un intermédiaire

quelconque le conducteur, et chacune d'elles le fait passer par des maxima et des minima de résistance qui se traduisent en vibrations correspondantes dans le tympan du téléphone. Celui-ci finalement arrive à répéter, en les renforçant, les vibrations sonores qui ont été la première origine de ces ébranlements successifs.

Le récepteur du photophone Bell est un de ces microphones ; il est fort aisé de le décrire. Le courant d'une pile quelconque passe dans un téléphone ordinaire. Dans le circuit de la pile, est intercalé un petit cube de sélénium, soutenu par deux colonnes isolantes fixées à la table de l'appareil. Voilà tout. Si un rayon lumineux tombe sur le cube de sélénium, il augmente sa conductibilité, et la plaque du téléphone est vivement attirée par son électro-aimant. Que le rayon lumineux vienne à disparaître, le sélénium reprend sa conductibilité normale et la plaque du téléphone retourne à sa position d'équilibre. Voilà bien une vibration exécutée par le tympan du téléphone sous l'action de la lumière.

Il s'agit maintenant de lui faire exécuter sous la même action les vibrations répondant à la parole articulée. Il est clair tout d'abord que le rayon pourra émaner d'une source lumineuse éloignée ; il suffit que, de ce point, on le dirige par des moyens convenables sur le cube de sélénium. Mais il faudra le lancer et l'intercepter un nombre de fois égal au nombre des vibrations de la parole.

Quand on sait combien les vibrations exigées par l'émission d'un seul mot sont diverses et multipliées, il y a là de quoi effrayer l'imagination la plus entreprenante; Graham Bell n'a pas reculé. Il a imaginé le transmetteur que voici.

Les deux pointes de charbon d'une lampe électrique sont la source lumineuse mise en œuvre; mais toute autre lumière assez intense remplirait le même rôle. Un réflecteur parabolique réunit en faisceau parallèle les rayons émanés de cette source et les projette au loin en ligne droite ; arrivés au récepteur ils y rencontrent un second réflecteur qui les concentre en son foyer principal où se trouve établi le cube de sélénium. Sur le trajet du faisceau lumineux, à peu de distance de la source, est fixé un écran vertical immobile, percé d'une fente horizontale très étroite. Les seuls rayons qui traversent cette fente peuvent passer outre et cheminer jusqu'au récepteur. Mais l'organe essentiel de l'appareil, c'est un deuxième écran vertical percé d'une fente en tout semblable à la première et placée en coïncidence parfaite avec elle ; seulement ce second écran n'est plus immobile, il est fixé à une membrane téléphonique très mince devant laquelle on parle. Chaque vibration de la parole fait vibrer la membrane, et, par suite, fait descendre et monter l'écran mobile. La deuxième fente glisse ainsi devant la première, la ferme en descendant et l'ouvre en remontant. Le faisceau lumineux est intercepté puis rendu libre, et cela à chacune des vibrations du son que l'on émet.

N'est-il pas aisé de comprendre comment le cube de sélénium, soumis ainsi, par chaque vibration, à l'action successive de la lumière et de l'ombre, laissera alternavativement passer et retiendra le courant électrique qui nourrit le téléphone? Comment la plaque du téléphone répétera les vibrationsde la membrane du transmetteur ? Comment enfin, l'oreille appliquée à la première, percevra les sons qui au loin ébranlent la seconde?...

Tel est l'instrument et telle est sa théorie. M. Bell raconte que lorsqu'il le mit pour la première fois à l'épreuve, le récepteur et le transmetteur étaient à la distance de 213 mètres : il était, lui, au récepteur et prêtait l'oreille. M. Tainter s'était chargé du transmetteur. « *Mr. Bell*, entendit-il, *if you hear what I say, come to the window and wave your hat.* »

(M. Bell, si vous entendez ce que je dis, venez à la fenêtre et agitez votre chapeau.)

Nous sommes donc bien ici en présence d'une nouvelle découverte. En admettant, ce qui est fort probable, que le photophone ne parvienne pas à détrôner son devancier le téléphone, il y aurait un résultat très saisissant à retirer de ces recherches. C'est cette propriété que nous avons signalée plus haut et qui semble générale, cette sensibilité de tous les corps à l'action de la lumière.

M. A. Bréguet dans la *Revue scientifique*, et l'auteur anonyme de l'article de l'*English Mechanic*, entrent dans de longs détails sur la préparation que M. Bell fait subir au sélénium, avant de l'utiliser dans ses appareils. Nous y renvoyons nos lecteurs. Cette préparation a pour but de diminuer la résistance trop considérable de ce corps, de la faire descendre par exemple, pour un échantillon donné, de 250 000 ohms à 300 dans l'obscurité, à 155 dans la lumière.

Le chemin de fer électrique de Berlin. — M. Werner Siemens avait établi en 1879, à l'exposition de Berlin, un petit chemin de fer électrique, que l'on a pu voir fonctionner cette année dans les jardins de l'exposition de Bruxelles. Ce fut pour beaucoup de monde un sujet d'étonnement que ce remorqueur mystérieux, petit meuble de sapin rouge, d'où l'on ne voyait émerger qu'un bras de levier tenu par la main d'un enfant.

L'enfant poussait la tige d'acier, et la machine partait silencieuse, entraînant après elle ses wagons chargés de voyageurs ; il retirait la main, et ce petit train de fantaisie, après avoir épuisé sa force vive, s'arrêtait.

Voici la clef du mystère.

Dans les machines d'induction électro-magnétique, comme les machines de Gramme, de Siemens, de l'Alliance, etc., une force motrice quelconque détermine, par des déplacements successifs d'aimants ou de

bobines, un courant électrique, d'une puissance variable avec la vitesse que la force motrice imprime à l'appareil.

Mais la plupart de ces machines sont réversibles ; c'est-à-dire que si elles peuvent transformer une force mécanique donnée en courant électrique, elles peuvent aussi transformer un courant électrique donné en force mécanique.

Une machine Siemens, par exemple, — et l'on sait que les machines Siemens comptent parmi les meilleures, — mise en mouvement par un moteur à gaz, un moteur hydraulique ou un moteur à vapeur, fournit des courants intenses que l'on peut employer à diverses fins, mais tout particulièrement à l'éclairage électrique. Par contre, si l'on fournit à cet appareil les mêmes courants électriques, ses bobines se mettent à tourner, et restituent ainsi sous forme de mouvement l'électricité qu'on leur a donnée.

Tout le chemin de fer électrique est en germe dans cette idée-là. Il reçoit par ses rails des courants électriques et les transforme en mouvement.

Ce qui rend sa marche si mystérieuse, c'est que le laboratoire, la petite usine où les courants s'engendrent, ne tombe pas sous l'œil du visiteur.

Entrons dans quelques détails.

Le courant electrique fourni par l'usine, est lancé dans un des rails du petit chemin de fer. D'autre part, un des pôles de la machine du remorqueur entre en contact avec ce rail par une brosse de fils métalliques analogue aux collecteurs des machines de Gramme. Le courant remonte le long de ces fils, pénètre dans la bobine, en traverse les circuits multiples et redescend le long d'une seconde brosse dans un autre rail d'où il retourne à l'usine. Le levier mis entre les mains du chef de train n'est autre qu'un interrupteur ordinaire, ouvrant ou fermant le circuit.

Tout ceci serait fort simple, si l'on pouvait aisément isoler l'un de l'autre les deux rails qui supportent le train ; mais, même en les supposant fixés sur ces billes de verre dont M. Siemens a récemment inauguré l'usage, les roues des wagons les uniraient l'un à l'autre par l'intermédiaire de leurs essieux d'acier.

Aussi a-t-on résolu la difficulté d'autre sorte.

Le courant arrive, comme nous l'avons dit, par l'un des deux rails du chemin de fer, mais au lieu de retourner sur le deuxième, il retourne par un rail central uniquement affecté à cet usage et qui n'a d'autre communication avec la machine que les points de contact de la brosse métallique.

Montée par 18 voyageurs, à la vitesse de $1^{m},88$ par seconde, la petite locomotive effectue un travail d'environ deux chevaux-vapeur. A la

vitesse de $3^m,50$ par seconde, elle développe un travail représenté par trois chevaux et demi.

M. Gramme construit en ce moment une machine qui fournira, en marche normale, un travail de 10 chevaux. On prévoit le moment où ces machines électro-motrices seront appliquées aux chemins de fer aériens ou souterrains de nos grandes villes. C'est à de pareils usages qu'elles semblent surtout destinées.

VICTOR VAN TRICHT, S. J.

HYGIÈNE.

Dangers du poele mobile américain. — Pour n'en donner qu'une très brève description, nous rappellerons que ce poêle est formé de deux cylindres concentriques séparés par un intervalle libre. L'interne destiné à recevoir le coke ne communique avec l'externe que par le haut. Le cylindre externe est fermé par un couvercle dont le rebord s'engage dans un sillon circulaire de même rayon. Cette adaptation, si l'on a soin de combler les interstices avec du sable fin, doit servir à empêcher de ce côté la sortie des produits gazeux de la combustion. Il faut donc que ces produits se répandent dans le cylindre externe qui ne présente qu'un seul orifice de sortie situé vers le bas. A cet orifice s'adapte un tuyau en caoutchouc que l'on met en communication avec une cheminée ordinaire.

On comprendra facilement qu'un tel poêle, détournant la direction naturelle des produits gazeux pour les forcer à se diriger vers le bas ne soit pas entretenu par un tirage bien actif. D'ailleurs, destiné dans la pensée de son inventeur à ne dépenser que lentement le combustible, sa construction ne lui permettrait pas de résister à une combustion énergique. Aussi recommande-t-on pour diminuer l'intensité du tirage de ne point fermer la cheminée tout autour du tuyau en caoutchouc. Traversant lentement le foyer de combustion, l'acide carbonique a le temps de s'y transformer en oxyde de carbone. Et en effet, si on analyse le gaz qui en provient on trouve sur 100 volumes :

Oxyde de carbone	16,7050
Acide carbonique	9,3400
Acide sulfureux	0,0004
Azote, hydrogène, vapeur d'eau	73,9546

Si l'on admet avec M. Boutmy que l'oxyde de carbone à 4 0/0 (1) détermine un véritable empoisonnement, on conviendra que les gaz qui s'échappent du poêle américain ne pourraient, sans le plus imminent danger, se répandre dans l'atmosphère d'un appartement. Et pourtant, la diffusion de ces principes toxiques se produit aisément dans certaines conditions, indiquées déjà dans la courte description que nous avons faite de ce poêle. La négligence d'un domestique, peu soucieux de maintenir la quantité de sable toujours au même niveau peut laisser de ce côté une fissure et une issue facile à l'oxyde de carbone. Le tirage, intentionnellement si faible déjà, est-il momentanément interrompu, l'oxyde plus dense que l'air et d'ailleurs si facilement refroidi par les courants qui traversent la cheminée sans passer par le poêle, tend naturellement à redescendre et à venir se déverser dans la chambre. C'est ainsi qu'il est malheureusement facile, surtout par les reflux du vent dans la cheminée, de rendre irrespirable et délétère l'atmosphère d'une place située à un autre étage et qui ne contient aucun foyer. Cet accident est d'autant plus redoutable qu'il ne s'agit pas ici de la fumée d'un poêle ordinaire. Celle-ci peu dangereuse, se révèle d'ailleurs au premier abord, tandis que l'autre, pour être plus insidieuse et plus inaperçue, n'en est que plus terrible.

Ces considérations ne sont point purement théoriques. Une triste expérience les a malheureusement déjà sanctionnées, et nous pourrions citer plusieurs victimes de ce nouveau système de chauffage. Ainsi une dame faisant usage pour la première fois d'un poêle américain fut prise le matin d'évanouissement, de nausées, de céphalalgie. Elle eut beaucoup de peine à ouvrir l'une des fenêtres de son appartement et son malaise dura toute la matinée. Un brouillard épais s'était déclaré la nuit et en refroidissant l'atmosphère de la cheminée en avait entravé le tirage. De là la diffusion de l'oxyde de carbone dans la chambre.

Un ingénieur de la Compagnie des chemins de fer de l'Ouest fut trouvé un matin dans un profond état d'asphyxie. Malgré les soins les plus éclairés, il succomba au bout de deux jours sans avoir recouvré l'usage de la parole.

On cite d'autres exemples encore. Ceux que nous venons de rappeler suffisent pour justifier nos craintes à l'égard du poêle américain (2).

Traitement hygiénique des calculs biliaires. — C'est le docteur Bouchardat qui l'expose dans un article publié par le *Bulletin général de thérapeutique* et reproduit par le *Journal des sciences médicales de Lou-*

(1) En étudiant dans le numéro du mois de juillet de cette année l'influence de l'oxyde de carbone contenu dans la fumée de tabac, nous avons vu que M. Le Bon trouve ce gaz toxique à une dose beaucoup moins élevée.

(2) *Annales d'hygiène publique.*

vain (1). Il attribue l'excès de cholestérine, principe essentiel des calculs biliaires, à l'abus de la viande, des graines en général, des œufs, qui sous le rapport de la composition ressemblent beaucoup aux graines ; enfin à l'abus du pain, préparation particulière des graines de froment. Ces aliments contiennent de la cholestérine ou du moins des produits qui peuvent y aboutir en subissant diverses transformations.

M. Bouchardat permet donc l'usage de la viande, de toutes les viandes même, mais un usage modéré. Il demande plus de réserve au sujet des poissons, des crustacés, des mollusques Il sera permis de prendre un œuf chaque jour.

Les légumes entreront pour une large part dans notre alimentation, sans oublier toutefois que les haricots, les lentilles, les petits pois, les fèves, les marrons, les châtaignes rentrent dans la classe des graines. Les truffes, les champignons, les tomates seront l'objet de la même réserve.

Les végétaux en général contiennent des sels, particulièrement des sels de potasse, et font ainsi partie de la médication alcaline indirecte. On sait que les alcalis exercent une influence favorable sur la sécrétion et l'excrétion de la bile ; c'est là ce qui les recommande surtout dans la lithiase biliaire. Mais dans ce but, les fruits sont bien préférables encore. Les citrates, les malates, les tartrates et les quinates de potasse qu'ils renferment, se transforment par leur oxydation dans le sang en bicarbonate de potasse, un des principaux agents de la médication alcaline. Tous les fruits ne sont pas cependant également recommandables et ce n'est qu'avec modération que l'on fera usage d'olives, d'amandes, de noix, de noisettes, de pistaches.

Comme boissons on prendra du vin rouge ou du vin blanc léger coupés d'eau ordinaire ou d'une eau alcaline telle que l'eau de Vals. La bière, les eaux gazeuses, les vins mousseux ne seront servis qu'à titre d'exception.

Enfin l'hygiène réclame encore dans le traitement de l'affection qui nous occupe l'exercice du corps sans jamais le pousser jusqu'à la trop grande fatigue, la régularisation des fonctions intestinales et l'activité des sécrétions cutanées favorisée par le massage, les lotions, les frictions.

Dangers des grands hôpitaux pour les malades. — Nous trouvons dans le dernier numéro du *Journal des sciences médicales de Louvain* (2) un article dont nous sommes heureux de reproduire la sub-

(1) N° du 20 septembre 1880.
(2) Septembre 1880.

stance. Il exprime l'opinion de notre savant maître, M. le professeur Hairion, au sujet des grands hôpitaux. D'après M. Hairion l'hôpital-monument est mauvais, parce qu'il est un danger permanent pour les malades qui l'habitent et pour les quartiers qui l'entourent. Il suffirait pour en être convaincu de consulter le registre de l'Hôpital des Enfants malades à Paris. Il serait facile d'y voir combien la contagion de la diphtérie a fait de victimes dans le service de M. Archambault. D'un autre côté, on trouvait qu'à Milan, lors de l'épidémie de variole qui y régna en 1870, 71 et 72, les quartiers contigus aux hôpitaux furent trois ou quatre fois plus éprouvés que les quartiers plus éloignés.

L'insalubrité des grands hôpitaux tient à plusieurs causes :

Ils sont ordinairement construits de telle façon que leurs différentes ailes en s'entrecroisant ou en s'unissant par les bâtiments transverses forment des angles ou circonscrivent des cours dont l'air se renouvelle difficilement. Si malheureusement, et il est presque impossible de se soustraire à cette condition, c'est aux dépens de ces cours qu'a lieu, en partie du moins, la ventilation des salles, on conçoit que chacune d'elles contienne bien vite les germes morbides de toutes les autres. La distribution ordinaire des grands hôpitaux est donc contraire aux lois de l'hygiène.

Les grands hôpitaux sont le plus souvent faits à étages, et l'on a constaté que les salles supérieures sont plus funestes aux malades que celles du rez-de-chaussée. On pourrait avec vraisemblance attribuer ce résultat à la porosité des plafonds, et par suite au passage des miasmes qui s'élevant avec l'air chaud se propageraient de bas en haut. Mais il est bien plus simple de rapporter la viciation des salles de l'étage à la communication si large que les corridors et les cages d'escaliers établissent entre elles et les salles du rez-de-chaussée.

D'ordinaire les salles des grands hôpitaux contiennent un trop grand nombre de lits. Chaque malade peut y être troublé dans son repos, par les gémissements et les cris que les souffrances arrachent à son voisin, sans compter d'autres émotions plus cruelles encore; mais il a surtout à souffrir d'un cubage d'air insuffisant. Ce cubage varierait à Paris entre 30 et 46 mètres, tandis que dans les hôpitaux à pavillons séparés et sans étages on donne jusqu'à 57 mètres à chaque malade avec une ventilation bien entretenue.

Les sommes considérables nécessitées par leur construction destinent les grands hôpitaux à une longue durée. Après un certain temps ils sont assez infectés pour qu'on ne puisse plus complètement les assainir. Il faudrait pour cela recourir au flambage comme on le fait dans certains hôpitaux construits en vue de ce moyen d'assainissement radical. Mais il n'y faut pas songer à propos de nos hôpitaux-monuments.

Enfin jusqu'ici on a construit les hôpitaux plus ou moins au centre

des villes, c'est-à-dire dans une atmosphère qui, déjà peu favorable dans les conditions ordinaires de la santé, est bien plus nuisible encore pour ceux qui souffrent.

Toutes ces raisons militent en faveur des hôpitaux sans étages et à pavillons séparés. L'expérience que l'on en a déjà faite en Amérique et en Europe nous fait souhaiter de les voir bientôt se substituer partout aux belles mais meurtrières constructions de l'ancien système. Relégués en dehors des villes, sans prétentions architecturales et par là même n'exigeant point d'énormes dépenses, les pavillons séparés ne tarderaient pas à compenser, par la supériorité de leurs résultats, les sacrifices d'argent qu'ils auraient nécessités.

Sur la mortalité des nouveau-nés. — Dans une séance tenue au mois d'août dernier à l'Académie de médecine de Paris, le docteur Bouchardat a lu, à ce sujet, un important travail (1). Il résulte de ses recherches que non seulement la mortalité des enfants qui n'ont pas dépassé la première année est plus élevée en France qu'en Angleterre, en Danemarck et en Norwège, mais qu'elle est plus élevée d'un tiers à Paris que dans le reste de la France. La cause en serait bien plus dans l'alimentation, que dans toutes les maladies contagieuses ou déterminées par le froid qui s'attaquent d'ordinaire à cet âge. L'usage d'un lait de mauvaise qualité, occasionnant la *diarrhée infantile*, serait la grande cause de mort de ces malheureux enfants. Les falsifications du lait seraient peu à craindre si elles se bornaient à l'addition d'eau. Mais en dehors de tout mélange, le lait subit une altération spontanée qui est la principale cause du danger de l'allaitement artificiel. Pendant les grandes chaleurs surtout, la fermentation lactique se produit avec une extrême facilité. Quand la température n'est pas trop élevée le lait se conserve plus longtemps. Mais il s'écoule toujours un assez grand nombre d'heures entre le moment de la traite et l'ingestion des dernières doses d'un lait que l'on reçoit en une fois, tout au plus en deux fois chaque jour, pour que la fermentation commence à se déclarer. Il est remarquable que c'est au moment où le lait s'altère le plus facilement, c'est-à-dire pendant les grandes chaleurs, que la diarrhée infantile fait le plus de victimes. C'est la preuve de l'action nocive de l'acide lactique, produit par la fermentation. Cet acide coagule le lait en petits grumeaux qui ne se digèrent pas dans l'estomac et passent directement dans l'intestin où ils déterminent la diarrhée.

Il est malheureusement difficile, dans les grandes villes, de prévenir l'acidité du lait. La réfrigération retarde la fermentation, mais on ne peut y avoir recours dans chaque ménage. Tout au plus est-elle en usage dans

(1) Voyez *Bulletin général de thérapeutique*, 15 septembre 1880.

la métairie. Et à peine le lait est-il soustrait à son influence que la fermentation se déclare.

Quant aux alcalins tels que le bicarbonate et le salicylate de soude, M. Bouchardat les trouve trop dangereux pour en faire un usage régulier surtout chez de si jeunes enfants Aussi n'y a-t-il pour lui qu'un moyen de prévenir tant de morts : c'est l'allaitement maternel qu'il est triste de voir si délaissé au profit des exigences et des coutumes mondaines.

Il ne faut pas croire cependant que l'usage du lait de vache soit toujours aussi pernicieux, même pendant l'été. Le danger est fort amoindri quand on peut disposer plusieurs fois par jour d'un lait absolument récent, et qu'on a soin de l'approprier à l'âge de l'enfant en le mélangeant avec une proportion voulue d'eau sucrée. Mais ce n'est guère que dans les petites localités qu'il est possible de remplir la première de ces conditions.

De la ventilation dans les houillères. — Nous trouvons dans le rapport de M. Barella à l'Académie (1) certains détails qui intéressent au plus haut point les houilleurs, parce qu'ils se rapportent spécialement au grisou, leur plus terrible ennemi.

Ce gaz hydrogène protocarboné est incolore et exhale une légère odeur d'ail. Il est inflammable et, s'il se trouve répandu dans l'air dans la proportion de 6 à 14 0/0, il forme au contact d'une flamme un mélange détonant. Il se produit alors une température extrêmement élevée, supérieure au degré de fusion de la fonte. L'air surchauffé avec une telle intensité, se dilate avec violence et s'échappe en courants tellement rapides que rien n'y peut résister. Ainsi ce qui a pu échapper à la flamme du grisou, est invinciblement emporté et brisé (2). Nous avons encore assez présent à l'esprit le souvenir des dernières catastrophes produites dans les houillères pour nous faire une idée des ravages du grisou. Peut-on prévenir ces ravages? La réponse est affirmative pour un certain nombre de cas. Parfois le grisou s'échappe des fissures qui sillonnent les parois de galeries en produisant un sifflement qui peut être entendu à plusieurs centaines de mètres de distance, et auquel les houilleurs ne se trompent point. Ils reconnaissent là le *soufflart*. D'autres fois ils aperçoivent autour de leur lampe de sûreté une auréole bleue dont le développement est proportionnel à la quantité de grisou. Il arrive enfin que leur lampe s'éteigne et révèle par là un plus grand danger encore. A tous ces signes ils savent qu'il n'y a pas de temps à perdre ; ils doivent déguerpir au plus vite jusqu'à ce qu'une bonne ventilation, en renouvelant l'atmosphère de la houillère, ait écarté le danger.

(1) *Hygiène des houilleurs.* — Séance du 29 mai 1880.

(2) A ce terrible effet d'expansion de l'air succède un mouvement de concentration non moins violent et capable des mêmes résultats.

Mais il y a des cas malheureux qu'il est impossible de prévoir et contre lesquels on est jusqu'ici sans ressources. En effet, il arrive qu'en certains points le grisou en quantité énorme est soumis à une pression extrême dans les cavités qui le contiennent. Si la résistance des parois de ces cavités vient à être affaiblie sur une surface plus ou moins considérable par le percement d'une galerie, le grisou peut se faire jour au dehors et causer des malheurs en rapport avec la grandeur de l'issue. Si l'issue est étroite, le gaz sera entraîné par le courant d'air que les machines entretiennent pour la ventilation, et ne causera point de désastre. Mais la pression du grisou a-t-elle fait éclater sur une large surface la paroi de la cavité; il se répand avec fracas, renversant ce qui lui fait obstacle, hommes, chevaux, matériel, qu'il projette au loin dans les galeries pour tout ensevelir sous la poussière des roches qu'il a brisées. Animé d'une telle puissance, il inonde les galeries dont il rend l'atmosphère irrespirable, et refoule le courant d'aération jusque dans le puits d'extraction. S'il arrive jusqu'à la surface du sol, il y trouve un foyer en combustion, il s'enflamme lui-même et il est difficile de se faire une idée des épouvantables effets d'une flamme qui remplit tout un puits et le souterrain auquel il mène. Ce n'est qu'après la cessation de cet incendie que la ventilation interviendra avec efficacité pour chasser de la houillère tous les produits de combustion qui la rendent inabordable, mais elle est jusqu'ici impuissante à prévenir une pareille catastrophe.

Heureusement de telles irruptions se voient rarement et l'on peut dire que dans les cas ordinaires la ventilation rend les plus grands services. Il est bon pourtant que le houilleur soit prémuni contre les effets fâcheux inhérents au renouvellement continuel de l'air. La température élevée des mines, un travail pénible provoquent chez lui une transpiration facile et l'exposent au refroidissement. Mais ces inconvénients, qu'il est aisé d'ailleurs de combattre, ne peuvent contrebalancer les mérites de la ventilation

Vaccine et variole. — Un cultivateur obstiné, placé dans d'excellentes conditions hygiéniques, s'obstine à ne laisser vacciner aucun de ses six enfants parvenus déjà à une pleine adolescence. Il croit la vaccine dangereuse, susceptible de communiquer la syphilis et la scrofule, mais sans vertu préservatrice contre la variole. L'hygiène lui suffit à écarter le fléau. Il est d'ailleurs isolé au milieu de la campagne, et, pour mieux assurer encore cet isolement, il cesse toute relation avec les familles que la variole visite en ce moment. Cependant sa fille aînée et un de ses fils sont atteints. La jeune fille meurt; le fils n'échappe qu'après avoir traversé les plus grands dangers. Deux autres jeunes gens qui n'habitent pas la maison viennent aux funérailles de leur sœur. On a

forcé l'un deux à se laisser vacciner avant de se rendre chez ses parents. L'autre ne croit pas à la vaccine. Il gagne la variole qui l'emporte, tandis que son frère n'en subit pas la moindre influence. Deux jeunes filles restent encore à la maison paternelle. Déjà elles accusent les premiers symptômes de la maladie. Le père consent alors à les laisser vacciner. Mais la variole suit son cours chez toutes deux ; en même temps toutefois de belles pustules vaccinales se développent. Les deux jeunes filles guérissent.

Tel est le fait que rapporte M. Herpain, de Saint-Hubert (1).

D'un autre côté, que de faits non moins probants ne pourrions-nous pas emprunter à la communication de M. Deffernez, de Gohissart (2) ? Ainsi, dans une famille,sur huit personnes sept sont atteintes. Les sept malades ne sont point vaccinées ; l'autre âgée de neuf ans est vaccinée. Ailleurs, et dans des conditions hygiéniques déplorables, sur trois enfants deux sont vaccinés ; le troisième ne l'est pas et tombe seul malade. Le père non vacciné tombe malade à son tour. Ailleurs encore, si des enfants vaccinés sont atteints ils ne conservent point de cicatrices, tandis que les autres portent les traces indélébiles de la variole.

Nous avons voulu laisser parler les faits, et certes ils ont une éloquence indiscutable. Nous ne prétendons point que tous ceux qui ont été vaccinés et revaccinés résistent à la variole. Mais tout nous porte à croire que l'hygiène seule, malgré ses effets utiles, ne peut suffire à nous garantir de cette maladie ; tandis que, vaccinés et revaccinés selon toutes les règles, nous lui échappons presque certainement.

Dr A. Dumont.

(1) *Bulletin de l'Académie royale de médecine de Belgique*, 3e série, tome XVI, n. 3.
(2) Ibid.

NOTES.

Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris, t. XCI ; juillet, août, septembre 1880.

N° 1. **Berthelot :** La thermochimie n'est pas assez avancée pour établir des relations générales entre les équivalents chimiques et les chaleurs dégagées (ou travaux moléculaires accomplis) dans les combinaisons chimiques, mais elle peut néanmoins déjà indiquer certains rapprochements assez remarquables, au point de vue thermique, entre diverses catégories de faits chimiques. 1° Un même poids d'oxygène ne dégage pas la même quantité de chaleur en se combinant soit aux divers métalloïdes, soit aux divers métaux. Si l'on examine les combinaisons formées en proportions multiples, on trouve que la chaleur dégagée par les combinaisons successives de deux corps (par exemple, NO_2+O, NO_3+O, NO_4+O) va d'ordinaire en diminuant, à mesure que l'un des deux éléments s'accumule. Toutefois, lorsque les composants n'ont pas le même état physique, la chaleur due au changement d'état physique de l'un d'eux, ou de tous deux, entre en ligne de compte, et devient le principal élément thermique à considérer dans la combinaison : la chaleur dégagée par un gaz qui se liquéfie, par exemple, ou celle qui se dégage lorsque ce gaz forme avec un autre corps une combinaison liquide est à peu près la même. 2° Les composés organiques de même fonction (par exemple, les carbures éthyléniques), les corps isomères de même fonction, les états allotropiques d'un même corps, les corps très analogues, de même équivalent (Co, Ni, Fe), ou d'équivalents différents (Ca, Sr; Tl, Pb; Pt, Pd; Cl, Br; Ph, As) dégagent à peu près la même

quantité de chaleur lorsqu'ils éprouvent une même transformation chimique (ceci est extrait du n° 26 du tome précédent des *Comptes rendus*). 3° Les éléments appartenant à une même famille, lorsqu'ils s'unissent avec un corps simple pour former des composés comparables, dégagent, dans la plupart des cas, des quantités de chaleur d'autant moindres que la masse chimique des éléments est plus considérable : la stabilité du composé décroît dans le même rapport. Cette loi souffre toutefois de nombreuses exceptions lorsqu'elle entre en conflit avec la seconde (sur la similitude de fonction). 4° Les diverses lois précédentes s'expliquent assez bien en supposant les éléments chimiques formés par une matière primordiale unique plus ou moins condensée. En effet, un examen attentif permet de reconnaître qu'il existe le plus souvent des faits analogues relatifs d'une part aux éléments, d'autre part aux corps composés. Les corps simples à équivalent faible seraient, dans ce système, de la matière primordiale condensée avec une faible dépense d'énergie et par suite disposant de beaucoup d'énergie actuelle à dépenser dans des combinaisons. **Duchartre :** La méthode des sommes de température moyenne ne rend pas toujours compte de l'époque à laquelle se produisent les différents phénomènes de la vie des plantes. **Charpentier :** la quantité dont il faut augmenter ou diminuer *une* lumière donnée pour que l'expérimentateur puisse reconnaître le changement d'intensité est sensiblement constante et égale à sept ou huit centièmes. **Troost :** Le coefficient de dilatation de l'iode est variable avec la température et son coefficient de compressibilité est variable avec la pression. **Nilson :** L'ytterbium *Yb*, métal de l'*ytterbine* $Yb_2 O^3$, a un poids atomique égal à 17,3 celui de l'oxygène étant 16. **Scheurer-Kestner :** L'acide sulfurique pur n'attaque pas le platine; c'est l'inverse s'il contient des traces d'acide azoteux. **Miquel :** Le nombre des bactéries atmosphériques, très faible en hiver, croît au printemps, se montre élevé en été et en automne; il en est de même pour les spores des champignons, mais tandis que ceux-ci sont abondants par les temps humides, rares pendant les sécheresses, c'est l'inverse pour les bactéries. A Montsouris, en été, il y a souvent mille bactéries par mètre cube d'air; en hiver, il n'y en a parfois que quatre ou cinq, résultats bien différents de ceux de M. Tyndall. Toute recrudescence du nombre des bactéries aériennes semble suivie, à huit jours d'intervalle, d'une recrudescence de décès par les maladies contagieuses et épidémiques.

N° 2. **Berthelot :** L'expérience a prouvé que les lois de Dulong et Petit, de Gay-Lussac et de Mariotte ne sont vraies que dans des limites assez étroites de température et de pression et pour un nombre limité de corps. Elles ne peuvent donc servir de base solide à la détermination des poids moléculaires en chimie. « Une seule loi demeure applicable aux éléments, avec un caractère absolu et universel : c'est l'invariabilité

des rapports de poids suivant lesquels les éléments se combinent entre eux, c'est-à-dire la notion même des équivalents. C'est aujourd'hui le seul fondement inébranlable de la science chimique. » **Pasteur, Chamberland et Roux** viennent de trouver la clef de l'étiologie de l'affection charbonneuse dans les pays où cette maladie est enzootique. En voici le résumé. Un animal charbonneux est enfoui : le parasite, cause de la maladie, dont le sang de l'animal est rempli, se cultive dans la terre qui entoure le cadavre ; il s'y réduit à l'état de germes. Ceux-ci seraient inoffensifs s'ils restaient à l'intérieur de la terre, mais les vers de terre les ramènent des profondeurs à la surface. C'est dans les petits cylindres de terre, à très fines particules terreuses, que les vers rendent et déposent à la surface du sol, après les rosées du matin et après la pluie, que se trouvent les germes du charbon, avec une foule d'autres. Alors les pluies et les travaux de la culture les répandent sur les plantes, ou les eaux les entraînent dans les ruisseaux, quand les circonstances s'y prêtent. Ensuite, ces germes du mal pénètrent dans le corps des animaux et y développent le parasite infectieux. L'expérience a prouvé la réalité de cette théorie de M. Pasteur (n° 10 des *Comptes rendus*). **Crookes :** L'état radiant de la matière diffère de l'état gazeux, en ce que l'on suppose que, dans celui-ci, les molécules gazeuses s'entrechoquent et changent de direction, après avoir parcouru un très faible espace, tandis que dans celui-là, elles parcourent des lignes droites relativement longues avant de se rencontrer. **Nilson** déduit de l'étude de la *scandine* $Sc_2\ O_3$ et de ses sels que le *scandium* a un poids atomique égal à 44. Ce métal a à peu près les propriétés de l'élément *ékabore*, prédites par Mendéleeff. **Toussaint** parvient à faire acquérir l'immunité pour le charbon à divers animaux, par le moyen d'inoculations préventives.

N° 3. **Chauveau :** Les inoculations préventives renforcent chez les moutons algériens l'immunité à l'égard du sang de rate, au point que cette immunité se transmet des mères aux agneaux. **Mascart :** Ordinairement la tension électrique de l'air (électricité positive) varie peu de 9 heures du soir à 3 heures du matin ; elle baisse ensuite jusque vers 3 heures de l'après-midi, puis remonte jusqu'à 9 heures du soir. L'existence d'un second maximum, pendant le jour, d'un second minimum, pendant la nuit, affirmée par Quetelet, paraît douteuse. **Nilson** et **Petersson :** Le poids atomique du *glucium* est 13,65 si la *glucine* a pour formule Gl_2O_3, (comme il est très probable, voir n° 4).

N° 4. **Lemström :** Dans sa *Théorie des phénomènes électriques,* Edlund explique les effets galvaniques par un courant d'éther dans le circuit, les effets électrostatiques par des condensations et des raréfactions de cet éther. Il suit de là qu'un corps isolant, mis en mouvement, avec une vitesse comparable à celle de l'éther dans le courant galvanique, doit produire les mêmes phénomènes. C'est ce que Lemström a constaté

expérimentalement en aimantant un cylindre de fer doux par la rotation, autour de ce cylindre, d'un tube en papier. Comme c'est la vitesse relative des molécules d'éther du tube tournant et du cylindre de fer doux qui produit l'aimantation, il en résulte que celui-ci s'aimantera s'il tourne avec une vitesse suffisante dans un milieu isolant ou dans un espace dépourvu de molécules matérielles. La terre, dont la croûte solide contient environ un cinquantième de fer (une couche d'environ un kilomètre d'épaisseur), se trouve précisément ainsi en mouvement rapide dans un milieu éthéré; le calcul prouve que la conception d'Edlund peut servir à expliquer tous les phénomènes dus au magnétisme terrestre. **Sainjon** : Les courants souterrains du val d'Orléans, sur la rive gauche de la Loire, proviennent de la Loire même, en amont d'Orléans, et y rentrent, après un trajet peu considérable, en aval de cette ville. Ce sont ces courants qui donnent aussi naissance au Loiret. Cet état de choses est la conséquence du mouvement de dislocation qui a déterminé la faille dans laquelle est établi le cours de la Loire. Cette faille se subdivise à 4 kilomètres en amont d'Orléans en deux branches qui se rejoignent à 9 kilomètres en aval, à l'embouchure du Loiret; la Loire coule dans la branche de droite; le Loiret dans la région la plus accidentée de la branche de gauche, et l'îlot compris entre ces deux branches s'est affaissé pour former le val d'Orléans, au-dessous duquel subsistent des ramifications souterraines entre les deux cours d'eaux. **Chasles** vient de publier une seconde édition de son *Traité de Geométrie supérieure ;* la première avait paru en 1852.

N° 6. **Pasteur :** Diverses expériences tendent à démontrer que les poules vaccinées pour le choléra sont réfractaires au charbon. **Sanson:** Il est extrêmement probable que le dégagement de l'énergie, dans l'animal, est dû, sinon en totalité, du moins pour la plus grande partie, à des phénomènes de dissociation analogues à ceux qui se passent dans les fermentations proprement dites et attribuées à l'activité des organismes cellulaires dits ferments figurés. Il ne paraît pas y avoir de véritables combustions dans l'organisme.

N° 7. **Alphonse Milne Edwards.** Il semble résulter d'une exploration zoologique faite dans le golfe de Gascogne que l'unité de la faune des grandes profondeurs est réelle pour les Mollusques, car les espèces qui ont été recueillies dans ce golfe ont été aussi draguées au nord de la Norwège, aux îles Shetland et sur les côtes du Groënland. Les différences des faunes conchyliologiques se dessinent dès que le fond se relève et qu'on se rapproche de la zone littorale. Les yeux de plusieurs des espèces trouvées étaient transformés en épines aveugles. Le fond du golfe de Gascogne est très accidenté. A peu de distance des côtes, des profondeurs de près de 3000 mètres ont été trouvées ; on a pu constater l'existence de pentes abruptes, de fentes verticales surtout au nord de Santander

et du cap Machicaco. Au contraire, à l'ouest, entre Tina Major et le cap Pénas, il existe un plateau, qui a été appelé *plateau du Travailleur*, du nom du navire qui a servi aux explorations. Il n'est couvert que d'environ 170^{m} d'eau et contraste par son horizontalité avec la région située plus à l'est ; celle-ci se relie à la fosse de Cap-Breton par une série d'ondulations. **Thollon** a eu la chance de rencontrer dans le spectre solaire, région de l'orangé, deux raies b, c, appartenant au fer, extrêmement voisines de deux raies telluriques a et d; les différences (a-b), (c-d) des longueurs d'onde de a et b, de c et d sont presque égales, quand on les observe au centre du soleil. Si on observe ces raies aux deux bords du soleil, le rapport (a-b) : (c–d) doit prendre, d'un côté la valeur 3/2, de l'autre la valeur 3/4, si le mouvement de la source lumineuse change la longueur d'onde des raies. Or, c'est ce qui arrive : le changement de longueur d'onde par le mouvement de la source semble donc prouvé expérimentalement, d'une manière extrêmement simple.

N° 9. **Amagat :** A une température suffisamment élevée, la compressibilité des fluides est représentée par la formule $p\,(v-\alpha) =$ constante, α étant le plus petit volume que puisse occuper la masse de fluide; c'est la loi limite. Pour chaque gaz, α a une valeur spéciale.

N° 13. **Pasteur** et **Chamberland :** L'expérience a prouvé que la maladie charbonneuse, qui est parasitaire, comme le choléra des poules, peut ne pas récidiver. L'importance de ces résultats ne saurait échapper à personne, car la pathologie humaine nous en offre d'analogues, et ils tendent une fois de plus à rapprocher les maladies virulentes à parasites microscopiques des maladies virulentes dont la cause étiologique est encore inconnue.

P. M.

TABLE DES MATIÈRES

DU

HUITIÈME VOLUME.

LIVRAISON DE JUILLET 1880.

LE CYCLE VITAL DE LA MATIÈRE, par **M. A. Proost.** . . . 5

BOTANIQUE GÉOGRAPHIQUE. — QUELQUES OBSERVATIONS SUR LA MÉTHODE, par **M. Ch. Flahault** 57

LA MÉTHODE D'OBSERVATION DES FAITS SOCIAUX, par le **Dr Jean de Raimbert.** 83

L'AVEUGLEMENT SCIENTIFIQUE. — NEUVIÈME ARTICLE. L'ORIGINE ET LA FORMATION DES ORGANISMES, par le **R. P. Carbonnelle,** S. J. 150

LA TEMPÉRATURE DU CORPS HUMAIN ET SES VARIATIONS DANS LES MALADIES, par le **Dr Henri Desplats.** 185

BIBLIOGRAPHIE. — I. Cours de géométrie descriptive, par A. Mannheim. **Ph. G.** 222

II. Cours d'astronomie nautique, par H. Faye. **Ph. G.** . . . 229

III. Les études naturelles et la Bible, par le Dr Carl Güttler (fin). **M. l'abbé de Foville.** 235

IV. Études critiques d'Archéologie préhistorique, par l'abbé Hamard. **J. d'E** 259

V. Le typhon du 31 juillet 1879, par le P. Marc Dechevrens, S. J. **R. P. Thirion,** S. J. 270

REVUE DES RECUEILS PÉRIODIQUES.

ANTHROPOLOGIE, par **M. Adrien Arcelin** 279

ASTRONOMIE, par le **R. P. Thirion,** S. J. 289

PHYSIQUE, par le **R. P. Van Tricht,** S. J. 298

HYGIÈNE, par le **Dr Dumont** 329

GÉOGRAPHIE, par **L. D.** 336

NOTES. Comptes rendus de l'Académie des sciences ; janvier-juin 1880. **P. M.** 340

LIVRAISON D'OCTOBRE 1880.

TRANSMISSION DE LA FORCE MOTRICE A DISTANCE, par **M. Aimé Witz**, professeur aux Facultés catholiques de Lille. . . . 353

LA FIBRILLE MUSCULAIRE D'APRÈS DE RÉCENTS TRAVAUX, par le **Dr Surbled**. 389

ACHEULÉEN ET MOUSTÉRIEN, par **M. Adrien Arcelin** . . . 416

UNE EXPOSITION FORESTIÈRE IMPROVISÉE EN AUVERGNE, par **Un ami des forêts**. 466

LA COMPAGNIE DE FERTILISATION ET LA CRISE ÉCONOMIQUE, par **M. A. Proost**, professeur à l'Université catholique de Louvain 505

LA GÉOGRAPHIE DES ANCIENS ÉGYPTIENS, par le **Dr Louis Delgeur** 539

L'HISTOIRE SCIENTIFIQUE DE LA LANGUE FRANÇAISE, par **M. Ernest de Toytot** 555

BIBLIOGRAPHIE. — I. Études synthétiques de géologie expérimentale, par M. Daubrée. **M. A. de Lapparent** 583

II. Programa de las Lecciones de Matemáticas, etc., por el Dr D. Antonio Suarez y Rodriguez. **M. P. Mansion** 588

III. Cours de calcul infinitésimal, par J. Hoüel, tome. I. **M. P. Mansion**. 594

Report of the meteorology of Kerguelen Island, by Rev. S. J. Perry, S. J, **J. T.** 605

REVUE DES RECUEILS PÉRIODIQUES.

ANTHROPOLOGIE, par **M. Adrien Arcelin**. 609

ASTRONOMIE, par le **R. P. Thirion**, S. J. 621

SCIENCES AGRICOLES, par **M. A. Proost**. 633

GÉNIE CIVIL, par **M. Ch. Lagasse** 643

GÉOGRAPHIE, par **L. D.** 659

PHYSIQUE, par le **R. P. Van Tricht**, S. J. 672

HYGIÈNE, par le **Dr Dumont**. 682

NOTES. — Comptes rendus de l'Académie des sciences ; juillet, août, septembre 1880. **P. M.** 690

Bruxelles. — A. VROMANT, Imprimeur-Éditeur.

TIPI
D.R

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE

PAR LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES.

Nulla unquam inter fidem et rationem
vera dissensio esse potest.
Const. de Fid. cath. c. IV

Tome VIII

QUATRIÈME ANNÉE. — TROISIÈME LIVRAISON

JUILLET 1880

BRUXELLES
A. VROMANT, IMP.-ÉDITEUR
rue de la Chapelle, 3.

PARIS
LIBRAIRIE
DE LA SOCIÉTÉ BIBLIOGRAPHIQUE
35, *rue de Grenelle.*

1880

LIVRAISON DE JUILLET 1880.

I. — LE CYCLE VITAL DE LA MATIÈRE, par **M. A. Proost,** professeur à l'Université catholique de Louvain.

II. — BOTANIQUE GÉOGRAPHIQUE — QUELQUES OBSERVATIONS SUR LA MÉTHODE, par **M. Ch. Flahault.**

III. — LA MÉTHODE D'OBSERVATION DES FAITS SOCIAUX, par le **Dr Jean de Raimbert.**

IV. — L'AVEUGLEMENT SCIENTIFIQUE — NEUVIÈME ARTICLE. L'ORIGINE ET LA FORMATION DES ORGANISMES, par le **R. P. Carbonnelle,** S. J.

V. — LA TEMPÉRATURE DU CORPS HUMAIN ET SES VARIATIONS DANS LES MALADIES, par le **Dr Henri Desplats,** professeur à la Faculté libre de médecine de Lille.

VI. — BIBLIOGRAPHIE. - I. Cours de géométrie descriptive, par A. Mannheim. **Ph. G.** — II. Cours d'astronomie nautique, par H. Faye. **Ph. G.** - III. Les études naturelles et la Bible, par le Dr Carl Güttler (fin), **M. l'abbé de Foville.** — IV. Études critiques d'archéologie préhistorique, par l'abbé Hamard. **J. d'E.** — V. Le typhon du 31 juillet 1879, par le P. Marc Dechevrens, S. J. **R. P. Thirion,** S. J.

VII. — REVUE DES RECUEILS PÉRIODIQUES. — Anthropologie, par **M. Adrien Arcelin.** — Astronomie, par le **R. P. Thirion,** S. J. — Physique, par le **R. P. Van Tricht,** S. J. — Hygiène, par le **Dr Dumont.** — Géographie, par **L. D.**

VIII. — NOTES. Comptes rendus de l'Académie des Sciences; janvier-juin 1880, **P. M.**

AVIS IMPORTANT

Les abonnés étrangers à la Belgique qui n'ont pas encore payé leur abonnement pour 1880, sont priés d'envoyer un mandat-poste au Secrétaire de la Société scientifique, 21, rue des Ursulines, Bruxelles.

A ceux qui témoigneraient par leur silence qu'ils préfèrent un autre mode de recouvrement, nous ferons présenter une quittance augmentée de 2 francs pour frais de banque.

ANNALES

DE LA

SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE

DE BRUXELLES

Les trois premières années sont publiées. Chaque année se vend séparément, prix : 20 francs. — S'adresser au Secrétariat de la Société scientifique, 21, rue des Ursulines, Bruxelles.

Ces volumes ont été envoyés sans frais à tous les membres qui ont versé leur cotisation annuelle. Les nouveaux membres peuvent se les procurer au prix de 15 francs.

La quatrième année est sous presse et paraîtra dans quelques jours.

CONDITIONS D'ABONNEMENT.

La *Revue des Questions scientifiques* paraît tous les trois mois, à partir de janvier 1877, par livraisons de 350 pages environ ; elle forme chaque année deux forts volumes in-8°.

Le prix de l'abonnement est de 20 francs par an, pour tous les pays de l'Union postale. Les membres de la Société scientifique de Bruxelles ont droit à une réduction de 25 pour cent.

On peut encore se procurer, au prix d'abonnement, les années 1877, 1878 et 1879.

ON S'ABONNE :

A Bruxelles

Au Secrétariat de la Société, 21, rue des Ursulines ;

Chez J. Albanel, libraire-éditeur, 29, rue des Paroissiens ;

Chez A. Vromant, imp.-édit., 3, rue de la Chapelle.

A Paris

A la librairie de la Société bibliographique, 35, rue de Grenelle.

———

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE

PAR LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES.

Nulla unquam inter fidem et rationem
vera dissensio esse potest.
Const. de Fid. cath. c. IV

QUATRIÈME ANNÉE. — QUATRIÈME LIVRAISON

OCTOBRE 1880

BRUXELLES
A. VROMANT, IMP.-ÉDITEUR
rue de la Chapelle, 3.

PARIS
LIBRAIRIE
DE LA SOCIÉTÉ BIBLIOGRAPHIQUE
35, *rue de Grenelle.*

1880

LIVRAISON D'OCTOBRE 1880.

I. — TRANSMISSION DE LA FORCE MOTRICE A DISTANCE, par **M. Aimé Witz,** professeur à la Faculté catholique des Sciences de Lille.

II. — LA FIBRILLE MUSCULAIRE D'APRÈS DE RÉCENTS TRAVAUX, par le **Dr Surbled.**

III. — ACHEULÉEN ET MOUSTÉRIEN, par **M. Adrien Arcelin.**

IV. — UNE EXPOSITION FORESTIÈRE IMPROVISÉE EN AUVERGNE, par **Un ami des forêts.**

V. — LA COMPAGNIE DE FERTILISATION ET LA CRISE ÉCONOMIQUE, par **M. A. Proost,** professeur à l'Université catholique de Louvain.

VI. — LA GÉOGRAPHIE DES ANCIENS ÉGYPTIENS, par le **Dr Louis Delgeur.**

VII. — L'HISTOIRE SCIENTIFIQUE DE LA LANGUE FRANÇAISE, par **M. Ernest de Toytot.**

VIII. — BIBLIOGRAPHIE. — I. Études synthétiques de géologie expérimentale, par M. Daubrée. **M. A. de Lapparent.** — II. Programa de las Lecciones de Matemáticas etc., por el Dr D. Antonio Suarez y Rodriguez. **M. P. Mansion.** — III. Cours de calcul infinitésimal, par J. Hoüel, tome Ier **M. P. Mansion.**—IV. Report on the meteorology of Kerguelen Island, by Rev. S. J. Pevry, S. J. **J. T.**

IX. — REVUE DES RECUEILS PÉRIODIQUES. — Anthropologie, par **M. Adrien Arcelin.** — Astronomie, par le **R. P. Thirion,** S. J. — Sciences agricoles, par **M. A. Proost.** — Génie civil, par **M. Ch. Lagasse.** — Géographie, par **L. D.** — Physique, par le **R. P. Van Tricht,** S. J. — Hygiène, par le **Dr Dumont.**

X. — NOTES. — Comptes rendus de l'Académie des Sciences ; juillet, août, septembre 1880, **P. M.**

AVIS

Les abonnes étrangers à la Belgique sont priés de renouveler leur abonnement avant le mois de janvier, pour éviter tout retard dans l'expédition de la *Revue*.

ANNALES

DE LA

SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE

DE BRUXELLES

Les quatre premières années sont publiées. Chaque année se vend séparément, prix : 20 francs. — S'adresser au Secrétariat de la Société scientifique, 21, rue des Ursulines, Bruxelles.

Ces volumes ont été envoyés sans frais à tous les membres qui ont versé leur cotisation annuelle. Les nouveaux membres peuvent se les procurer au prix de 15 francs.

CONDITIONS D'ABONNEMENT.

La *Revue des Questions scientifiques* paraît tous les trois mois, à partir de janvier 1877, par livraisons de 350 pages environ ; elle forme chaque année deux forts volumes in-8°.

Le prix de l'abonnement est de 20 francs par an, pour tous les pays de l'Union postale. Les membres de la Société scientifique de Bruxelles ont droit à une réduction de 25 pour cent.

On peut encore se procurer, au prix d'abonnement, les années 1877, 1878 et 1879.

ON S'ABONNE :

A Bruxelles

Au Secrétariat de la Société, 21, rue des Ursulines ;

Chez J. Albanel, libraire-éditeur, 29, rue des Paroissiens ;

Chez A. Vromant, imp.-édit., 3, rue de la Chapelle.

A Paris

A la librairie de la Société bibliographique, 35, rue de Grenelle.

Revue des

Tome

AMNH LIBRARY
100226208